

het oostelijk deel (inclusief de veenbanken) door gewei- en broodspans, baksteenanoontjes en knotszakpijpen. Tussen het middengebied en het oostelijk deel bevond zich nog een overgangsg gebied. Veel van de genoemde dieren (ruim 60%) zijn suspensie-eters. Deze vormen samen circa 15% van de totale biomassa van suspensie-eters in de Oosterschelde.

Vrijwel geen enkel stukje hard substraat is onbegroeid in de Oosterschelde; afgezien van sterk aan golfwerking onderhevige lokaties bepaalt het beschikbare areaal substraat de grootte van de biomassa. De biomassa van op het harde substraat groeiende dieren bedroeg in 1984 en 1985 gemiddeld 250 - 300 g drooggewicht/m<sup>2</sup>. Het merendeel was geconcentreerd in het westelijk deel, omdat daar het grootste oppervlak harde substraat beschikbaar was. Dit oppervlak werd al in de oorspronkelijke situatie in de monding sterk uitgebreid van 500 tot 900 ha als gevolg van de bouw van de kering.

**Prognose**

Verwacht werd dat er plaatselijk verslibbing zou optreden, waardoor de begroeiing op de diepere delen achteruit zou gaan. De wierzone zou zich tot diepere zones kunnen uitbreiden vanwege de toegenomen helderheid. In het intergetijdgebied zouden zones smaller worden door de getijreductie.

**Overgangsfase**

• *verlies zeldzame begroeiing in intergetijdzone door dijkversterking*  
 In de overgangsfase zijn plaatselijk zeldzame levensgemeenschappen verdwenen uit het intergetijdgebied. Dit is het gevolg van aanpassingswerken aan de dijkvlooiing. Daarbij werd eerst de begroeiing ter plaatse met een hogedrukspuit geheel verwijderd, waarna de betreffende dijkvakken werden ingegoten met

asfalt of colloïdaal beton, of werden bekleed met betonblokken. Dit had op een aantal plaatsen een drastische wijziging van de aard van het substraat en daarmee de begroeiing tot gevolg. Op plaatsen waar gietasfalt e.d. werd toegepast, verdween de vegetatie volledig. Hierdoor ging 21% van de zeldzame groefwier levensgemeenschap in de Oosterschelde verloren. Hiervoor in de plaats kwamen soortenarme pioniersvegetaties, die zich niet verder ontwikkelen. Herstel van de oorspronkelijke vegetatie wordt niet verwacht omdat er ander, slechter begroeibaar substraat is aangebracht.

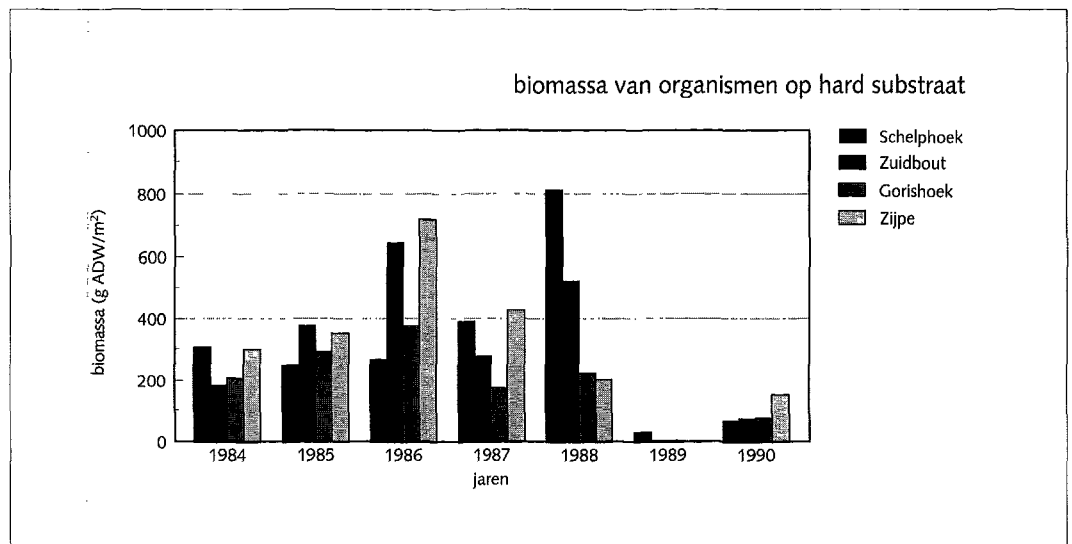
**Nieuwe situatie**

- *nog geen nieuw evenwicht in soortensamenstelling en biomassa*

Het aantal soorten is op een groot aantal lokaties afgenomen, behalve in de noordelijke tak en in de Hammen, waar nu meer soorten voorkomen. Dit wordt toegeschreven aan de verminderde stroomsnelheden. Hoewel enkele wiersoorten nu dieper voorkomen dan voorheen, heeft de wierzone zich in het algemeen niet tot diepere regionen uitgebreid. Dat komt omdat de troebelheid nabij de oevers niet is veranderd als gevolg van de onveranderde golfwerking.

De ontwikkeling van de biomassa van organismen op harde substraten wordt weergegeven in figuur 4.19. De biomassa vertoont in 1988 de hoogste waarden per m<sup>2</sup> in de monding, en de laagste waarden in de kom. In 1986 en 1988 worden hoge waarden geregistreerd. In 1989 vertoont de biomassa een absoluut minimum. Een sluitende verklaring is hiervoor thans niet te geven. Mogelijk is de overwoekering door de brokkelster, die zelf slechts een geringe biomassa heeft, een factor van belang. Vooral de broodspans heeft hier van te lijden (figuur 4.20). De sterke uitbreiding van de brokkelster is mogelijk

figuur 4.19. De biomassa van organismen op het harde substraat vertoont grote variaties. In 1986 en 1988 worden hoge biomassa's gemeten. In 1989 vertoont de biomassa een absoluut minimum.



# Vogelonderzoek in het Oosterscheldegebied

*Ten behoeve van inrichting en beheer van de deltawateren wordt vanaf 1972 intensief vogelonderzoek verricht door Rijkswaterstaat (eerst door de Deltadienst, later door de Dienst Getijdewateren), in nauwe samenwerking met o.a. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en de Rijksuniversiteit Gent. Met name de uitvoering van de vogeltellingen groeide in de loop der jaren uit tot een omvangrijk samenwerkingsverband tussen overheidsinstanties (Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, Directie Natuur, Milieu en Fauna-beheer) en amateur ornithologen.*

*In het deltagebied wordt elke maand een telling gehouden van alle aanwezige watervogels. Hieraan wordt door ca. 100 tellers meegewerkt.*

*Door de grote aantallen is het uiteraard onmogelijk iedere vogel afzonderlijk te tellen. Het tellen van vogels gebeurt door het schatten van tientallen of honderdtallen vogels in een groep. In het Oosterscheldegebied worden de watervogels, die bij laagwater voedsel zoeken op slikken en platen, gedwongen deze gebieden bij hoogwater te verlaten. Ze verzamelen zich dan in grote groepen op zgn. "hoogwatervluchtplaatsen" (kortweg hvp's genoemd). Dit zijn meestal de hoogste delen van platen en schorren, inlagen, karrevelden of akkers. Alleen door tellingen op deze hvp's is het mogelijk in relatief korte tijd een beeld te krijgen van de aantallen aanwezige vogels. Bij talrijke soorten kan zo voor het totaal aantal in het deltagebied de onnauwkeurigheid in de tellingen tot ca. 10% worden beperkt.*

*Van de karakteristieke kustbroedvogels (kluut, plevieren, meeuwen en sterns) wordt sinds 1979 jaarlijks het aantal broedparen bepaald, meestal door het tellen van nesten. Hierdoor is nu een volledige en nauwkeurige tijdreeks (1979-1990) van de aantallen broedparen van deze soorten voorhanden.*

*Het vangen en ringen van vogels heeft veel belangrijke informatie opgeleverd over herkomst, bestemming en verblijftijden van vogels en ook over de functies van de Oosterschelde als ruigebied en als "opvetgebied" in voor- en najaar. Tussen 1984 en 1990 werden in het deltagebied ruim 40.000 steltlopers gevangen en geringd, waarvan ruim 30.000 scholeksters*

gemaakt doordat de watertemperatuur van 1987 tot 1991 niet beneden 1°C is geweest; de lagere stroomsnelheden hebben daarbij ruime vestigingsmogelijkheden gecreëerd. Inmiddels is er weer een toename van de biomassa van organismen op harde substraten geconstateerd.

- *veranderingen in areaal door verslibbing en bouw van de kering*

Door plaatselijke verslibbing van lager gelegen gedeelten van de harde substraten is enig verlies aan areaal opgetreden. De omvang van dit verlies verschilt van plaats tot plaats en kan moeilijk worden gekwantificeerd.

Het grootste oppervlak harde substraten wordt gevormd door de dijken (400 ha) en de kering (400 ha) in de monding; de dijkglouingen in midden, kom en noordelijk tak vormen respectievelijk 150, 40 en 140 ha. Hierdoor wordt de grootste biomassa aangetroffen in de monding. Een duidelijk effect van de waterbouwkundige werken is dus de aanleg van een groot areaal aan hard substraat. De reductie van de oppervlakte harde substraten door verslibbing is hiermee vergeleken van beperkte omvang.

## Toekomstverwachting

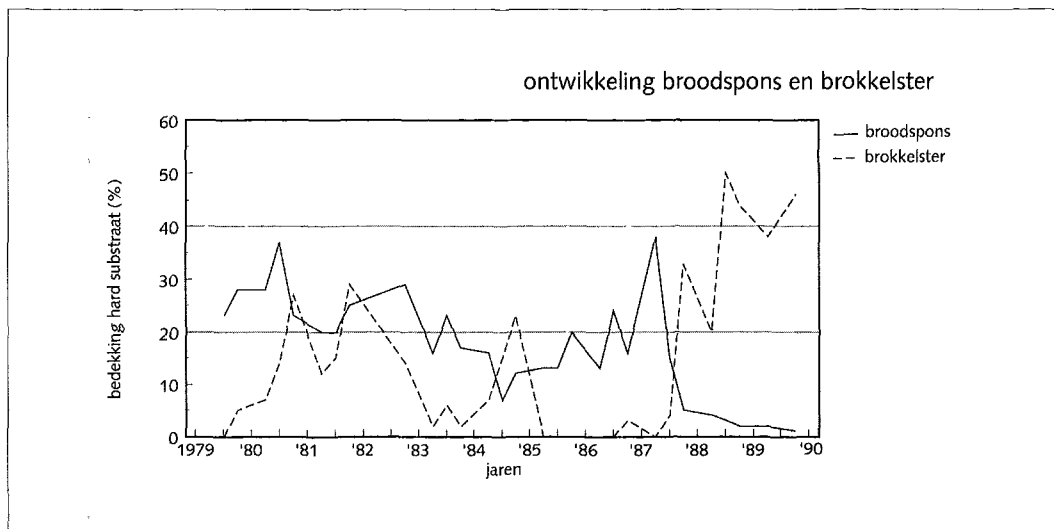
Een verdere verschuiving in de levensgemeenschappen van organismen op harde substraten wordt verwacht als gevolg van de veranderde stroomsnelheden en een verdere verslibbing van harde substraten onder water. Een nieuw evenwicht is nog niet bereikt.

## 4.3 Vogels

De effecten van de Oosterscheldewerken op de vogels worden afzonderlijk behandeld voor buiten de delta broedende doortrekkers en overwinterraars (4.3.1) en voor de kustbroedvogels (4.3.2). Beide groepen stellen geheel verschillende eisen aan het Oosterscheldegebied. De werken hebben op verschillende manieren invloed op dat gebied gehad. Voor de vogels worden overigens andere gebiedsgrenzen gehanteerd dan voor de minder mobiele fauna. In het vogelonderzoek wordt doorgaans de gehele populatie in de delta betrokken (zie intermezzo 'vogelonderzoek').

Voor de evaluatie is getracht de ontwikkelingen in de huidige Oosterschelde zoveel mogelijk van andere gebieden te onderscheiden; echter, de vogels die vroeger in het Markiezaat fourageerden en nu op de Oosterschelde zijn aangevoerd, kunnen niet worden afgezonderd van de eigenlijke Oosterscheldevogels. Ze maakten immers van gemeenschappelijke hoogwatervluchtplaatsen gebruik en daar vonden de tellingen plaats. Voor de vogels van het

figuur 4.20.  
 Waarschijnlijk als gevolg van een aantal zachte winters is de brokkelster in aantal sterk toegenomen. Deze ontwikkeling is ten koste gegaan van andere organismen, zoals de broodspoon.



Krammer-Volkerak kan dat onderscheid wel worden gemaakt en kon worden nagegaan in hoeverre die zich hebben verplaatst.

De effecten van de werken worden geëvalueerd door na te gaan in hoeverre de draagkracht van het gebied, gedefinieerd als het maximum aantal vogels, dat gedurende langere tijd in het gebied kan verblijven, is veranderd.

#### 4.3.1 Doortrekkers en overwinteraars

**De totale aantallen vogels zijn in de delta gelijk gebleven; de eendachtigen zijn in aantal toegenomen en de steltlopers afgenomen. Het internationaal belang van de Oosterschelde als pleisterplaats voor watervogels is iets gedaald. De ruimte voor steltlopers in de Oosterschelde wordt maximaal benut.**

##### Oorspronkelijke situatie

Grote aantallen watervogels uit een broedgebied dat zich uitstrekt van Canada tot midden-Siberië verblijven gedurende de winter of in voor- en najaar voor kortere of langere tijd in de estuariene kustgebieden van Europa. De Oosterschelde is hiervan één van de belangrijkste, samen met de Waddenzee en de Wash en Morecambe Bay in Groot-Britannië (figuur 4.21). Ook op grond van het aantal vogeldagen en de overschrijding van de 1%-norm is de Oosterschelde van groot internationaal belang voor de watervogels (tabel 4.2).

De Oosterschelde heeft voor niet-broedende watervogels enkele specifieke functies: overwinteringsgebied (december-februari), doortrek- en opvetgebied in het voorjaar (maart-mei), en doortrek-, rui- en opvetgebied in nazomer en najaar (augustus-oktober).

Tijdens de trek in voor- en najaar is de Oosterschelde vooral voor de steltlopers van belang. De meeste eendachtige soorten zijn echte overwinteraars.

In de oorspronkelijke situatie verbleven in het totale Oosterschelde-Krammer-Volkerakgebied 's winters maximaal 290.000 watervogels, waarvan 18.000 in het Krammer-Volkerak. Het grootste deel van de aanwezige vogels fourageerde op de droogvallende slikken en platen. De belangrijkste groepen waren steltlopers (192.000), eendachtigen (58.000) en meeuwen (40.000).

Het maximum aantal vogels dat tegelijkertijd gedurende een langere periode in een gebied kan verblijven, wordt in de eerste plaats bepaald door de mogelijkheid om er voldoende voedsel te vinden. In getijdgebieden, zoals de Oosterschelde, hangt dit af van de oppervlakte aan fourageergebied, de hoeveelheid voedsel die daar te vinden is en de beschikbaarheid van het voedsel. Daarbij speelt de tijd die de slikken en platen bij laag water droog vallen (de vrijligduur) een belangrijke rol, omdat deze tijd bepaalt hoe lang de vogels per dag terecht kunnen om te eten. Juist deze factoren zijn door de waterbouwkundige werken beïnvloed.

Trekvogels brengen een (aanzienlijk) deel van hun jaarcyclus buiten de Oosterschelde door, zodat de populatiegrootte niet alleen wordt bepaald door omstandigheden in dit gebied, maar ook door factoren elders in de wereld. Veranderingen in de Oosterschelde zelf zullen pas effect hebben op aantallen vogels wanneer de draagkracht in dit gebied benaderd wordt. Er zijn aanwijzingen dat dit reeds in de oorspronkelijke situatie het geval was: de dichtheid van overwinterende steltlopers was hoog in vergelijking met een aantal andere grote Westeuropese estuaria en wadgebieden (figuur 4.21). De opvang van de vogels uit de Grevelingen, bij de afsluiting in 1971, ging gepaard met verschuivingen in seizoenspatroon bij sommige soorten.

vogelsoort	vogeldagen			winter		najaar		voorjaar	
	1%-norm	N x1000	verschil	N	verschil	N	verschil	N	verschil
<b>Eendachtigen/viseters:</b>									
Fuut	1000	51	+92	170	+89	386	+211	56	+195
Aalscholver	2000	146	+639	260	+534	1129	+404	286	1044
Rotgans	1700	2299	+54	10950	+37	12561	+54	* 5487	+54
Bergeend	2500	709	-29	3625	-52	1177	+104	1155	-28
Smient	7500	1860	-8	13517	-12	13873	-18	2922	+102
Wintertaling	4000	120	-44	622	-52	930	-52	260	-24
Pijlstaart	700	322	-30	2897	-48	1669	-39	323	-36
Slobeend	400	102	-52	627	-61	823	-60	243	-38
Brilduiker	3000	60	+105	634	+57	319	+210	139	+6
Middelste Zaagbek	1000	38	-3	201	-36	360	+116	167	-27
<b>Steltlopers:</b>									
Scholekster	9000	19117	-3	75656	-23	* 76228	+27	20028	+8
Kluut	700	92	-41	222	+45	* 303	-29	437	-45
Bontbekplevier	2000	133	+19	57	-	* 1474	-8	* 606	+91
Strandplevier	700	37	-42	0	-	* 598	-28	124	+7
Zilverplevier	1500	1432	-16	5892	+0	* 2671	-45	* 6200	-5
Kanoetstrandloper	3500	1895	-15	12523	-7	* 3452	-34	2119	-11
Bonte Strandloper	14000	6448	-31	37295	-30	* 4260	-60	* 14431	+40
Rosse Grutto	1000	1788	-1	6647	-9	* 4471	-38	6999	-10
Wulp	3500	2240	+7	7262	-15	* 9225	-6	5478	+3
Zwarte Ruiters	1300	121	+15	23	-	* 1341	-17	136	+100
Tureluur	1500	542	-25	1492	-30	* 2393	-34	1203	-47
Groenpootruiter	3000	49	+2	-	-	* 473	-18	129	+545
Steenloper	700	284	-13	1077	-20	* 1235	-9	* 788	-1

\* OS belangrijk als ruiplaats      \* functie als opvetstation

tabel 4.2  
Veranderingen in functies van de Oosterschelde voor niet-broedende watervogels. Gegeven zijn vogeldagen en aantallen in winter, voorjaar en najaar in de nieuwe situatie (1987/88-1989/90) en de veranderingen daarin (in %) ten opzichte van de oorspronkelijke situatie (1978/79-1982/83).

**Prognose**

Door de compartimentering zou ruim 30% van het intergetijdegebied verdwijnen. Voor een deel van de aanwezige soorten, met name sommige eendachtigen, zou hierdoor een nieuw type fourageergebied ontstaan in de zoetwaterbekkens achter de compartimenteringsdammen. Voor andere soorten, die afhankelijk zijn van het intergetijdegebied, zoals de meeste steltlopers, zou echter een groot deel van het fourageergebied verloren gaan. Wanneer al deze vogels een plaats zouden moeten vinden in het resterende deel van de Oosterschelde, zouden de fourageerdichtheden daar met ongeveer 43% toenemen. De verwachting was dat het verlies aan intergetijdegebieden niet geheel opgevangen zou kunnen worden.

**Nieuwe situatie**

- internationaal belang van de delta als pleisterplaats voor watervogels afgenomen

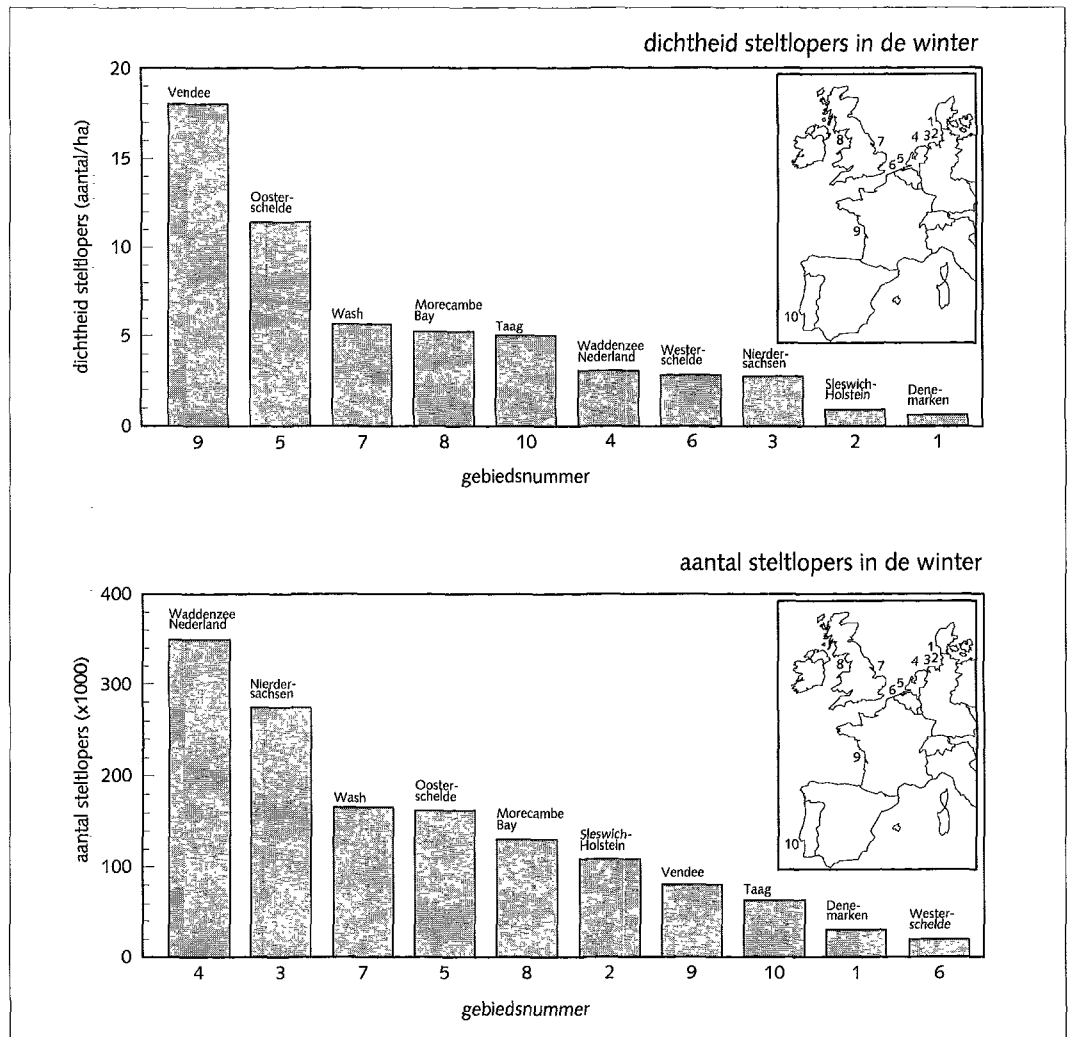
In het gehele Oosterschelde/Krammer-Volkerakgebied samen zijn de maximale aantallen watervogels nauwelijks veranderd (figuur 4.22). Wel is

de piek in het seizoenspatroon verschoven van januari naar oktober. De overwinteringsfunctie van het gebied is verminderd, maar het totale gebruik (aantal vogeldagen) is licht toegenomen. Er hebben zich belangrijke verschuivingen voorgedaan in de aantallen vogels per soort. Het aantal steltlopers is afgenomen; het januaritotaal is gedaald tot ca. 125.000 (31% minder), en het aantal vogeldagen is 15% minder dan in de oorspronkelijke situatie. Het aantal eendachtigen is daarentegen toegenomen (het aantal vogeldagen is verdubbeld), met name in de nieuwe zoetwatergebieden en in het najaar. Omdat het verlies aan overschrijdingen van de internationale 1%-norm door steltlopers groter is dan de toename van normoverschrijdingen door eendachtigen, is het internationale belang van het Oosterschelde/Krammer-Volkerakgebied als watervogelpleisterplaats iets afgenomen.

- het intergetijdegebied van de Oosterschelde is "vol"

In de Oosterschelde exclusief het Krammer-Volkerak en inclusief de vogels die vroeger in het

figuur 4.21. Zowel wat betreft het aantal als de dichtheid steltlopers, behoort de Oosterschelde tot de belangrijkste kustgebieden van Europa.



## 1% - norm

Als criterium voor het internationaal belang van een wetland voor vogels wordt het aantal malen gehanteerd dat de zogenaamde 1%-norm wordt overschreden, dit is het geval als regelmatig meer dan 1% van de totale Oost-Atlantische populatie in het gebied aanwezig is. In de oorspronkelijke situatie werd de norm in het Oosterschelde/ Krammer-Volkerakgebied in januari door 12 soorten in totaal 52 maal overschreden. Gesommeerd over alle maanden van het jaar bedroeg het aantal normoverschrijdingen 362 (door 17 soorten).

Markiezaat-Zoommeer fourageerden, zijn fuut, aalscholver, rotgans en brilduiker in aantal toegenomen (tabel 4.2). Van deze soorten, behalve de brilduiker, is ook de totale Westeuropese winterpopulatie toegenomen. Het gebied is minder belangrijk geworden voor bergeend, wintertaling, pijlstaart, slobend, kluit, strandplevier, zilverplevier, bonte strandloper, kanoetstrandloper en tureluur. Bij de soorten die achteruit zijn gegaan, zijn er geen aanwijzingen dat dit ook voor de Westeuropese populatie als geheel geldt, behalve bij de strandplevier. Ook zijn er enkele soorten, die elders in west-Europa zijn toegenomen, maar niet of nauwelijks in de Oosterschelde: middelste zaagbek, scholekster, wulp en steenloper. Bij de soorten die vrijwel uitsluitend fourageren in het intergetijdegebied is afname regel. Soorten die vooral voorkomen op zachte slikken die aan schorren grenzen en daardoor grotendeels beperkt zijn tot de noordelijke tak en de kom (bijvoorbeeld bergeend, wintertaling, pijlstaart, slobend, tureluur) vertonen een relatief grote afname. Dit wijst erop dat het verlies van het intergetijdegebied door de afsluiting van het Zoommeer en het Markiezaat

# Waar zijn zij gebleven?

## Verplaatsingen van scholeksters uit het Krammer-Volkerak na het gereedkomen van de Oosterscheldewerken

Een van de gevolgen van de bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen was het verloren gaan van een aanzienlijke oppervlakte intergetijdegebied, vooral in het Krammer-Volkerak en in de kom van de Oosterschelde. Een belangrijke vraag was of de vogels die hun fourageergebied verloren zagen elders in de delta een plaats zouden kunnen vinden. In algemene zin komt het antwoord op deze vraag uit de maandelijkse vogeltellingen. Daarnaast is speciaal onderzoek verricht naar verspreiding en verplaatsingen van scholeksters in het deltagebied. De scholekster is wat betreft aantallen en biomassa de belangrijkste gevederde consument van de Oosterschelde. Tussen 1984 en 1987 zijn in het deltagebied 30.000 scholeksters gevangen en geringd. Van deze vogels werden er 2700 voorzien van plastic kleurringen, die in het veld afleesbaar zijn en waarvan de kleur het herkomstgebied van de vogel aangeeft; de scholeksters uit het

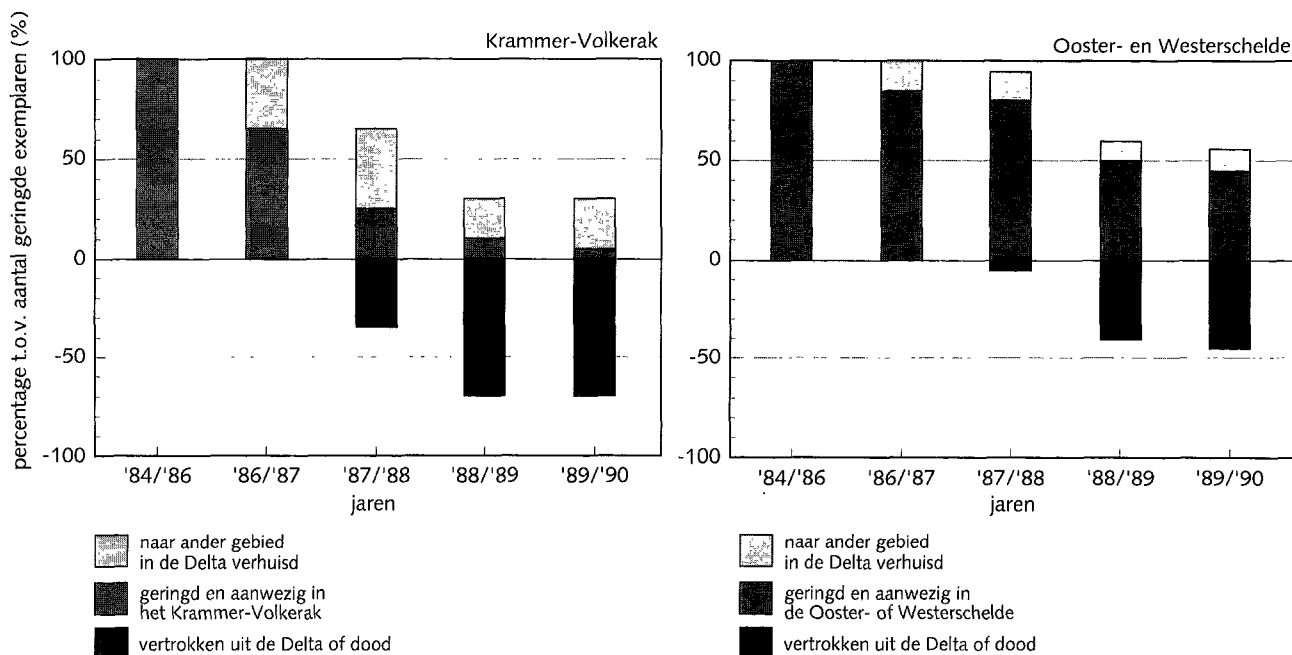
Krammer-Volkerak waren geel geringd. In vier opeenvolgende winters vanaf de overgangsfase (1986/1987) is door het systematisch aflezen van de ringen, de verspreiding van deze geringde vogels gevolgd. Daarbij is speciale aandacht geschonken aan de vogels die voor de afsluiting fourageerden in het Krammer-Volkerak. Deze scholeksters zagen immers in april 1987 ongeveer 85% van hun fourageergebied verloren gaan.

Het aantal overwinterende scholeksters in het Krammer-Volkerak nam dan ook drastisch af van gemiddeld 10.400 in 1985/1986 - 1986/1987 tot gemiddeld 2800 in de drie volgende winters. De overige 7600 hebben zich dus elders moeten vestigen.

Uit de waarnemingen van de kleurringen blijkt, dat een groot deel van de 7600 verdwenen vogels in de winter na de afsluiting (1987/1988) zijn verhuisd naar andere delen van het deltagebied, voornamelijk naar het centrale deel van de Oosterschelde. Toen verbleef nog maar 23% van de scholeksters uit het Krammer-Volkerakgebied daar nog steeds, terwijl 41% op andere plaatsen in de delta werd aangetroffen. De rest (26%) werd niet in de delta aangetroffen.

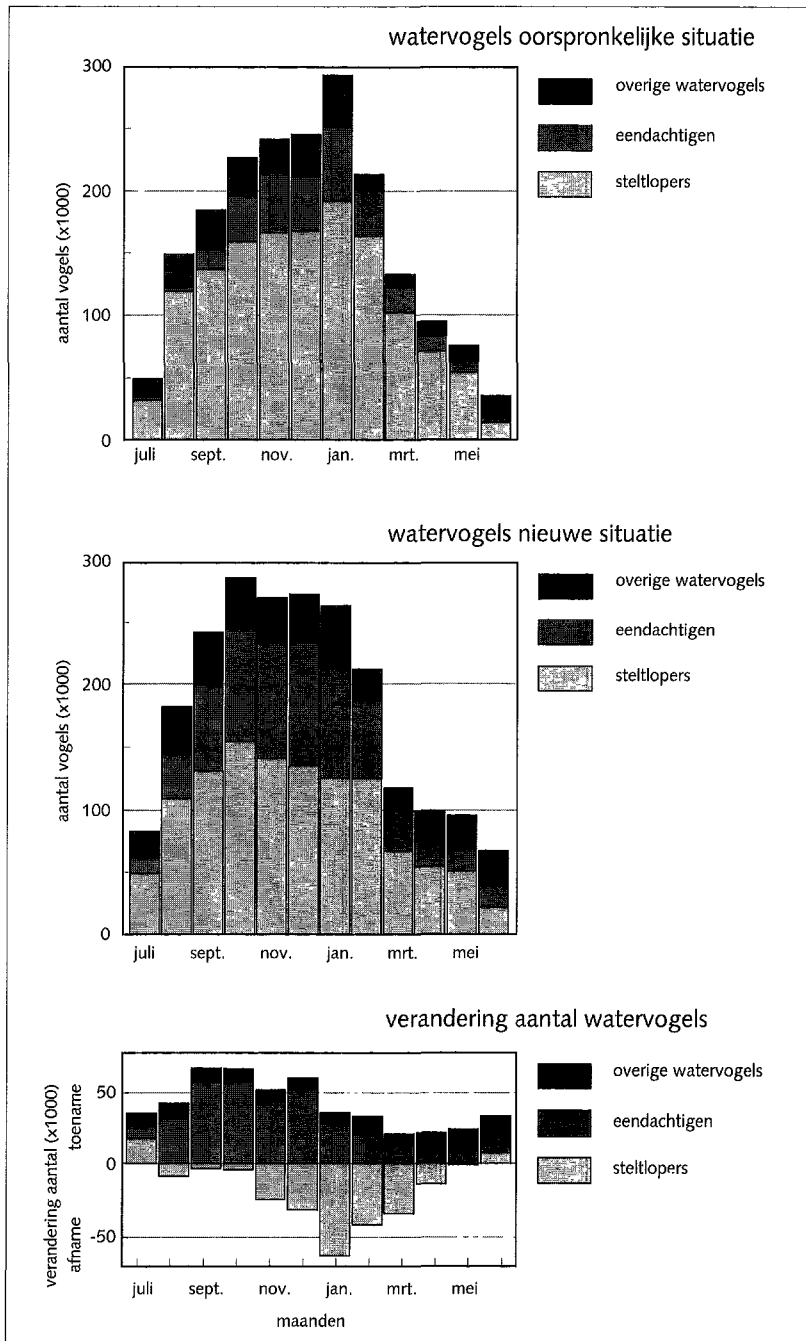
Bijna 70% van de scholeksters die in de oorspronkelijke situatie in het Krammer-Volkerak leefden, wordt tegenwoordig niet meer in het deltagebied aangetroffen. Slechts een klein deel is in het Krammer-Volkerak zelf achtergebleven. Ook van de populatie scholeksters in de Oosterschelde en de Westerschelde is een deel uit het deltagebied verdwenen.

verplaatsingen Scholekster



Twee jaar na de afsluiting was reeds 69% van de 'gele' scholeksters uit de delta verdwenen. Van de 2390 vogels, gemerkt in andere delen van de delta, was in de tweede winter nog maar 40% verdwenen. In de derde winter wordt dit beeld bevestigd.

Daar het lot van de 'verdwenen' scholeksters in de meeste gevallen niet bekend is, zijn sterfte en emigratie samengevoegd tot "lokale sterfte". Deze bedroeg voor de scholeksters uit het Krammer-Volkerak gedurende de eerste drie jaar na afsluiting gemiddeld 30% per jaar. Dat is aanzienlijk hoger dan de lokale sterfte van 18% per jaar die werd berekend voor de vogels uit de rest van de delta. Het is aannemelijk dat de verhoogde afname van de scholeksters uit het Krammer-Volkerak is veroorzaakt door het verloren gaan van hun fourageergebieden. Dit geeft tevens aan dat er in de rest van de delta geen ruimte was om de 7600 vogels uit het Krammer-Volkerak, die ongeveer 7% van de totale populatie in de delta vormden, op te vangen. Waar de verdwenen vogels uit dat gebied naar toe zijn gegaan, is thans nog onbekend. Bij een totale Europese populatie van 875.000 vogels is de kans klein dat de gekleurde vogels teruggevonden worden. Het is echter frappant dat ook de lokale sterfte die in de rest van de delta werd gemeten aanzienlijk hoger is dan op grond van ander onderzoek verwacht mocht worden. Langdurige populatie-studies in andere Westeuropese gebieden geven een lokale sterfte te zien van 11% in het Exe-estuarium, Engeland (winter); 10% op Skokholm, Wales; 7% op Schiermonnikoog, Nederlandse Waddenzee en 6% op Mellum, Duitse Waddenzee (voorjaar). Ten opzichte van de 8,5% die het gemiddelde is van deze vier studies, is de lokale sterfte van de vogels uit het Krammer-Volkerak verviervoudigd en die van de overige vogels uit de delta verdubbeld. Dit wijst erop dat niet alleen de scholeksters die leefden in het verloren gegane gebied een prijs hebben betaald voor de Oosterscheldewerken, maar dat de vogels in de overige deelgebieden eveneens nadelige consequenties hebben ondervonden. Dit stemt overeen met de enigszins afgenomen winterdichtheden in het resterende deel van de Oosterschelde.



figuur 4.22. Het maximale aantal vogels in de Oosterschelde en Krammer-Volkerak samen, is niet veranderd na de uitvoering van de Oosterscheldewerken. In de oorspronkelijke situatie werd het maximum aantal in januari waargenomen, maar tegenwoordig worden de meeste vogels in oktober geteld. Opvallend is de verschuiving (in aantal) van steltlopers naar eendachtigen.

voor deze soorten niet is opgevangen in het resterende deel van de Oosterschelde. De dichtheid van de steltlopers (aantal/ha intergetijdegebied) is met ca. 6% toegenomen. Deze dichtheidstoename komt overeen met de afname van het oppervlak intergetijdegebied door het verminderde getijverschil binnen de huidige Oosterschelde (ca. 5%); er zijn geen vogels bijgekomen (zie intermezzo: 'waar zijn zij gebleven?')

- **de beschikbaarheid van voedsel neemt af**  
De slikken en platen zijn onderhevig aan erosie en afvlakking. De erosiesnelheid (0,3% per jaar) heeft nog geen effect op de beschikbaarheid aan plaatareaal, de afvlakking echter wel. Het plaat-

oppervlak rond NAP is afgenomen, waardoor op dat niveau minder fourageergebied beschikbaar is (figuur 4.23). Het oppervlak in het lagere deel van het intergetijdegebied is weliswaar toegenomen, maar dit gedeelte valt door het afgenomen getijverschil minder lang droog dan vroeger. Per saldo is hierdoor de beschikbaarheid aan fourageergebied voor vogels op de Galgeplaat en de Roggenplaat met respectievelijk 30% en 10% afgenomen (hoofdstuk 3.3). In het oostelijk deel van de Oosterschelde doet dit proces zich in veel mindere mate voor.

Voor een fouragerende steltloper is niet alleen de hoogtereverdeling van het plaatoppervlak van belang, maar ook de aantallen bodemdieren en de verdeling over de platen. Doorgaans worden de hoogste biomassa's aangetroffen rond NAP of iets daaronder. Een afname in plaatoppervlak rond NAP kan daardoor een extra groot effect hebben op het bestand aan bodemdieren, tenzij de bodemdieren met het plaatoppervlak "meezakken" de diepte in. Dit blijkt in de Oosterschelde tot nu toe het geval te zijn. Hierbij zijn mosselen en kokkels buiten beschouwing gelaten, omdat deze aan andere invloeden onderhevig zijn (zie hoofdstuk 5 en 6). De dieper gelegen bestanden van bodemdieren zijn echter gedurende een getijcyclus korter bereikbaar. Het netto resultaat, uitgedrukt als een index als het produkt van oppervlakte, droogvalduur, en biomassa per diepteklasse, betekent voor bijvoorbeeld de Galgeplaat een afname van 27% van de beschikbaarheid van bodemdieren. Dit leidt niet direct tot een evenredige afname van de aantallen steltlopers. Ervan uitgaande dat de fouragerende vogels de waterlijn volgen, komt de achteruitgang in beschikbaarheid van voedsel voor de Galgeplaat uit op 15% in plaats van 27%. Het is ook mogelijk dat de vogels tot op zekere hoogte in staat zijn de verminderde beschikbaarheid van voedsel te compenseren door gedragsaanpassingen. Bij een voortgaande daling van de platen zal de aanwezige speelruimte echter in toenemende mate worden opgebruikt, waardoor de draagkracht van de Oosterschelde zal verminderen.

- **de ruifunctie is afgenomen**

De aantallen trekvogels in de Oosterschelde (inclusief Krammer-Volkerak) zijn in alle seizoenen afgenomen, maar voor sommige steltlopers is de afname relatief groot in augustus-september (tabel 4.2). In deze periode is de voedselsituatie waarschijnlijk niet de beperkende factor, aangezien de bodemdieren dan de hoogste biomassa bereiken. Het lijkt erop, dat de functie van de Oosterschelde als ruigebied is vermindert. De steltlopers zijn tijdens de rui extra gevoelig voor verstoring, doordat hun vlieg-



vermogen is afgenomen en energiebehoefte is toegenomen. De rui blijkt samen te vallen met de piek in recreatief gebruik. Hoewel het recreatief gebruik niet drastisch lijkt te zijn toegenomen, kan de grotere ontsluiting van het gebied als gevolg van de werken de kans op verstoring hebben vergroot. Daarbij is niet alleen omvangrijke recreatie van belang: ook een enkele wandelaar kan de rust verstoren.

**Toekomstverwachting**

Het verlies van fourageergebied achter de compartimenteringsdammen heeft niet geleid tot toename van de totale aantallen vogels in het resterende deel van de Oosterschelde. Dit wijst er op dat de huidige vogelaantallen het maximum voor het gebied hebben bereikt. Verwacht wordt, dat toekomstige veranderingen in draagkracht effecten zullen hebben op vogelpopulaties. Verdere daling van slikken en platen zal de draagkracht doen afnemen. Ook menselijke activiteiten kunnen invloed hebben op de draagkracht voor vogels, via effecten op de hoeveelheid voedsel (schelpdiervisserij) of door

verstoring van de fourageergebieden (recreatie, zeeaaswinning).

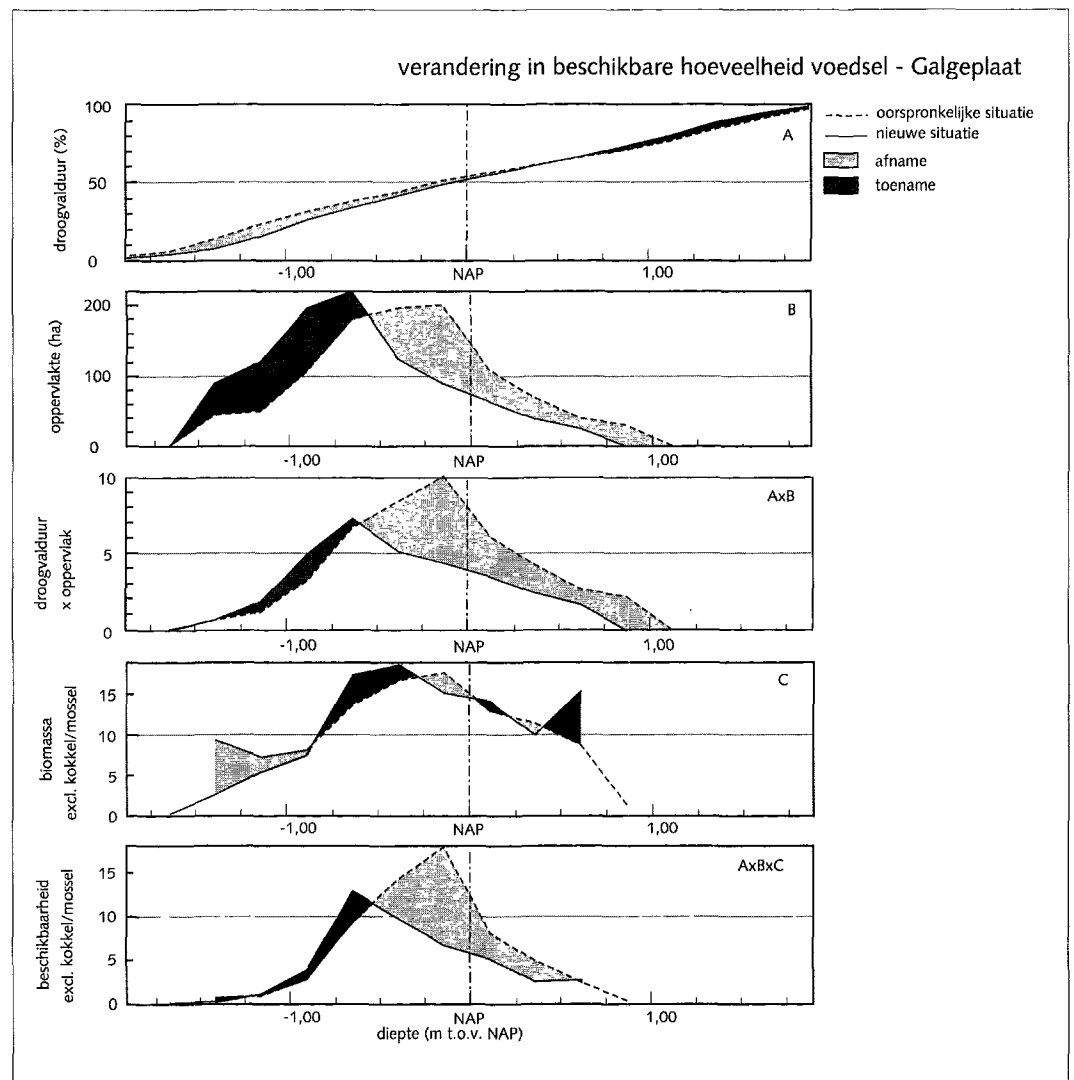
**4.3.2 kustbroedvogels**

**De aantallen broedvogels in de Oosterschelde zijn nauwelijks beïnvloed door de werken. Wel is een tijdelijke toename geconstateerd na de aanleg van werkeilanden en na het droogvallen van oorspronkelijke intergetijdegebieden in het Krammer-Volkerak.**

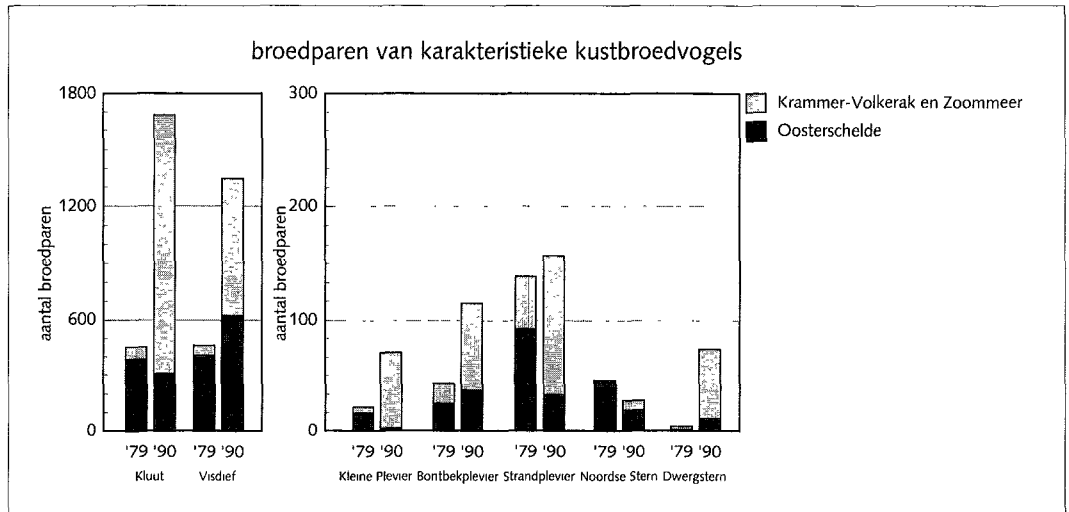
**Oorspronkelijke situatie**

Hoewel het Oosterschelde/Krammer-Volkerakgebied een broedgebied is voor vele vogelsoorten, worden in dit hoofdstuk alleen die vogels behandeld, die in nationaal en internationaal opzicht belangrijke populaties in het delta-gebied vertegenwoordigen, zoals de karakteristieke kustbroedvogels: kluut, plevieren en sterns. De uitvoering van de waterbouwkundige werken in de Oosterschelde leidde al in de jaren zeventig tot veranderingen in de broedgebieden van kustbroedvogels. Zo konden zich belangrijke broedgebieden ontwikkelen op een aantal

figuur 4.23. De beschikbare hoeveelheid voedsel voor vogels die op het intergetijdegebied fourageren, is afhankelijk van de oppervlakte intergetijdegebied die gedurende een bepaalde periode droogvalt en de hoeveelheid voedsel (bodemdieren) die in dat deel van het intergetijdegebied aanwezig is. In deze figuur wordt getoond, dat de beschikbare hoeveelheid voedsel op de Galgeplaat vooral in de zone rond NAP is afgenomen.



figuur 4.24.  
In de Oosterschelde werd bij de meeste broedvogels een afname van het aantal broedparen geconstateerd. In het Krammer-Volkerak was bij de meeste soorten sprake van een toename.



werkeilanden. In de periode 1974-1990 werden de broedgebieden voortdurend beïnvloed door de voortgang van de werken. Nieuwe broedgebieden kwamen beschikbaar, reeds bestaande gebieden verdwenen weer. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de invloed van de werken op de broedgebieden en de effecten op de broedvogels in de periode 1979-1990 op een rijtje gezet.

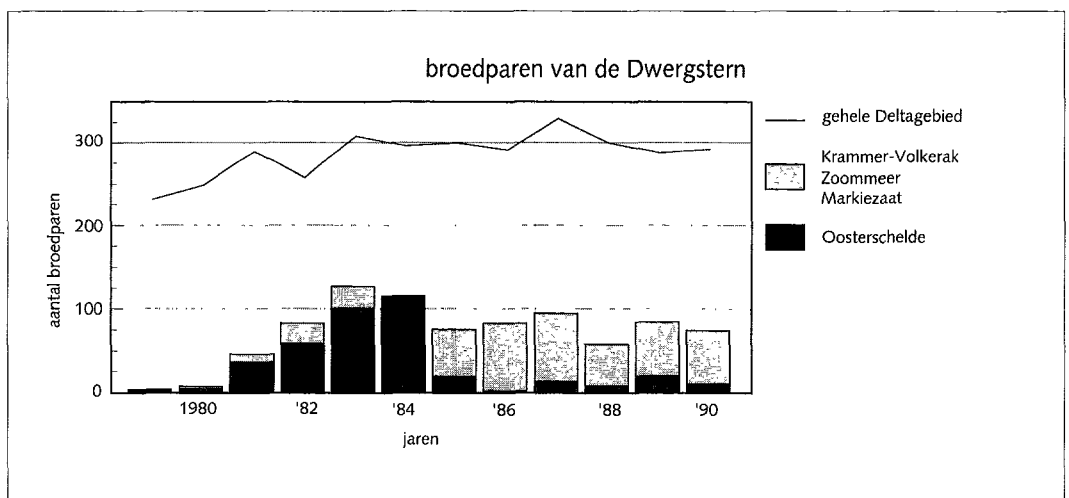
**Prognose**

De betekenis van de schorren als broedgebied zou, ondanks de teruggang in schoroppervlak, toenemen door de lagere overspoelingsfrequentie. In Krammer-Volkerak, Zoommeer en Markiezaat werd de eerste jaren na de afsluiting een massale vestiging verwacht van o.a. kluut, bontbekplevier en strandplevier. Door verzoeting en een snelle ontwikkeling van de vegetatie zouden de broedmogelijkheden voor deze soorten hier echter weer vrij snel verdwijnen. Ogespoten terreinen en werkeilanden zouden zonder verdere maatregelen hun betekenis als broedgebied vrijwel verliezen.

**Invloed van de werken op de broedgebieden**

De meest ingrijpende verandering voor de broedvogels in het Oosterscheldegebied was het permanent droogvallen van aanzienlijke intergetijdgebieden in Markiezaat, Zoommeer en Krammer-Volkerak. Deze nieuwe broedgebieden werden direct gekoloniseerd. Ook in en om de Oosterschelde zelf vonden veranderingen plaats. Werkeilanden, werkterreinen en zanddepots verloren veel van hun betekenis als broedplaats. Oorzaken: de toename van de activiteiten tijdens de voltooiing van de werken en het verlies van isolement door de aanleg van verbindingen met het vasteland. Hierdoor werden de broedgebieden toegankelijk voor grondpredatoren en recreanten. Van veel inlagen en karrevelden ging een strook verloren door dijkverhoging. Vele kleine binnendijkse kreekrestanten werden volgestort. Ook de recreatie in en rond de Oosterschelde heeft effect gehad op de broedfunctie van een aantal gebieden. Alle strandjes, hoge schelprijke schorren (Kats, Wilhelminapolder, Zierikzee, Dortsman) en vrijwel alle dijken zijn in trek bij recreanten.

figuur 4.25.  
De dwergstern profiteerde begin jaren tachtig van de toename van broedgebieden in de Oosterschelde. Door de voortgang van de werken verdwenen deze broedgebieden weer, maar vanaf 1985 vestigden veel vogels zich op de droogvallende gronden in het Volkerak, Zoommeer en het Markiezaat.



Hiertegenover staan de aanleg van nieuwe karrevelden, het ontstaan van nieuwe inlagen, een natte duinvallei, de aanleg van nieuwe eilanden en het verbeterde beheer van sommige gebieden.

#### Effecten op broedvogels in de periode 1979-1990

• *Aantallen in de Oosterschelde licht gedaald*  
De belangrijkste kustbroedvogels in het Oosterscheldegebied (inclusief Krammer-Volkerak) namen in de periode 1979-1990 in aantal toe (figuur 4.24). Dit werd veroorzaakt door een toename op de drooggevallen gronden in Krammer-Volkerak, Zoommeer en Markiezaat. De aantallen van enkele soorten die broeden in de natuurgebieden rond de Oosterschelde (inlagen, karrevelden, kreken, schorren, e.d.) namen af.

De broedpopulatie van de kluut in het delta-gebied vertoonde tussen 1979 en 1990 een sterke toename, vooral in de nieuw ontstane broedgebieden van het Krammer-Volkerak. Rond de Oosterschelde, waar het meest wordt gebroed in inlagen en op karrevelden, vond een geringe afname plaats.

De **bontbekplevier** vertoonde een toename in het Oosterschelde/Krammer-Volkerakgebied; vooral veroorzaakt door kolonisatie van de drooggevallen slikken. Ook in de Oosterschelde viel in het midden van de jaren tachtig een toename te bespeuren. De laatste jaren nemen de aantallen hier echter weer af.

**Strandplevieren** zijn waardevolle broedvogels van de delta: dit gebied herbergt 17% van de Noordwesteuropese populatie, die de laatste jaren sterk in grootte afneemt. De kolonisatie van nieuwe broedgebieden in Krammer-Volkerak, Zoommeer en Markiezaat heeft de afname in de Oosterschelde gecompenseerd. De deltapopulatie van de **visdief** verdubbelde de afgelopen jaren ruimschoots. De Oosterschelde volgt deze trend niet helemaal; de aantallen zijn wel toegenomen.

De **noordse stern** bereikt in de delta de zuidgrens van zijn verspreidingsgebied en vertoont hier de laatste tien jaar een afnemende trend. Ook in de Oosterschelde, eens het bolwerk van de soort in de delta, nemen de aantallen af.

**Dwergsterns** zijn typische pioniersoorten. Figuur 4.25 illustreert de "opkomst en ondergang" van de dwergsternpopulatie in de Oosterschelde tussen 1979 en 1990. In het begin van de jaren tachtig waren vooral de werkeilanden in de monding in trek als broedgebied, later de Grevelingendam en de drooggevallen gronden achter de compartimenteringsdammen. De totale populatie in de delta schommelt al jaren rond hetzelfde niveau.

#### Toekomstverwachting

##### • *Terug naar af*

De recent gekoloniseerde broedgebieden in de afgesloten en verzoete gebieden achter de compartimenteringsdammen zullen hun functie voor kustbroedvogels naar verwachting door een snelle ontwikkeling van de vegetatie binnen enkele jaren weer grotendeels verliezen.

De kustbroedvogels zullen dan weer zijn aangewezen op de resterende broedgebieden in en langs de zoute meren en getijdewateren van het deltagebied.

#### 4.4 - Schorvegetatie

**In de zomers van 1986 en 1987 is een groot deel van de schorvegetatie op het hoog- en middenschor afgestorven. De bedekkingsgraad is inmiddels hersteld, zij het dat een verschuiving in de soortensamenstelling heeft plaatsgevonden. De bodemrijping die in de overgangsfase is opgetreden, zal de ontwikkeling van de schorvegetatie blijvend beïnvloeden.**

##### Oorspronkelijke situatie

Schorvegetatie is een verzamelnaam voor de verschillende levensgemeenschappen van planten die op schorren tot ontwikkeling komen onder invloed van abiotische factoren als overspoelingsfrequentie en -duur, bodemsamenstelling en morfologie. Deze factoren veroorzaken in onderlinge samenhang een veelheid aan gradiënten waarbij een specifieke vegetatie tot ontwikkeling kan komen. Dit systeem is kwetsbaar voor verstoring in één van de genoemde factoren en herstelt na verstoring meestal langzaam.

In de lagere kommen is de bodem ongerijpt en wordt veelal engels slijkgras (*Spartina*) aangetroffen. In de hogere kommen is de bodem halfgerijpt en bestaat de begroeiing uit engels slijkgras, schorrezoutgras, lamsoor en kweldergras. De lagere oeverwallen worden gekarakteriseerd door zoutmelde en de hogere oeverwallen door rood zwenkgras en (het stikstofminnende) strandkweek.

##### Prognose

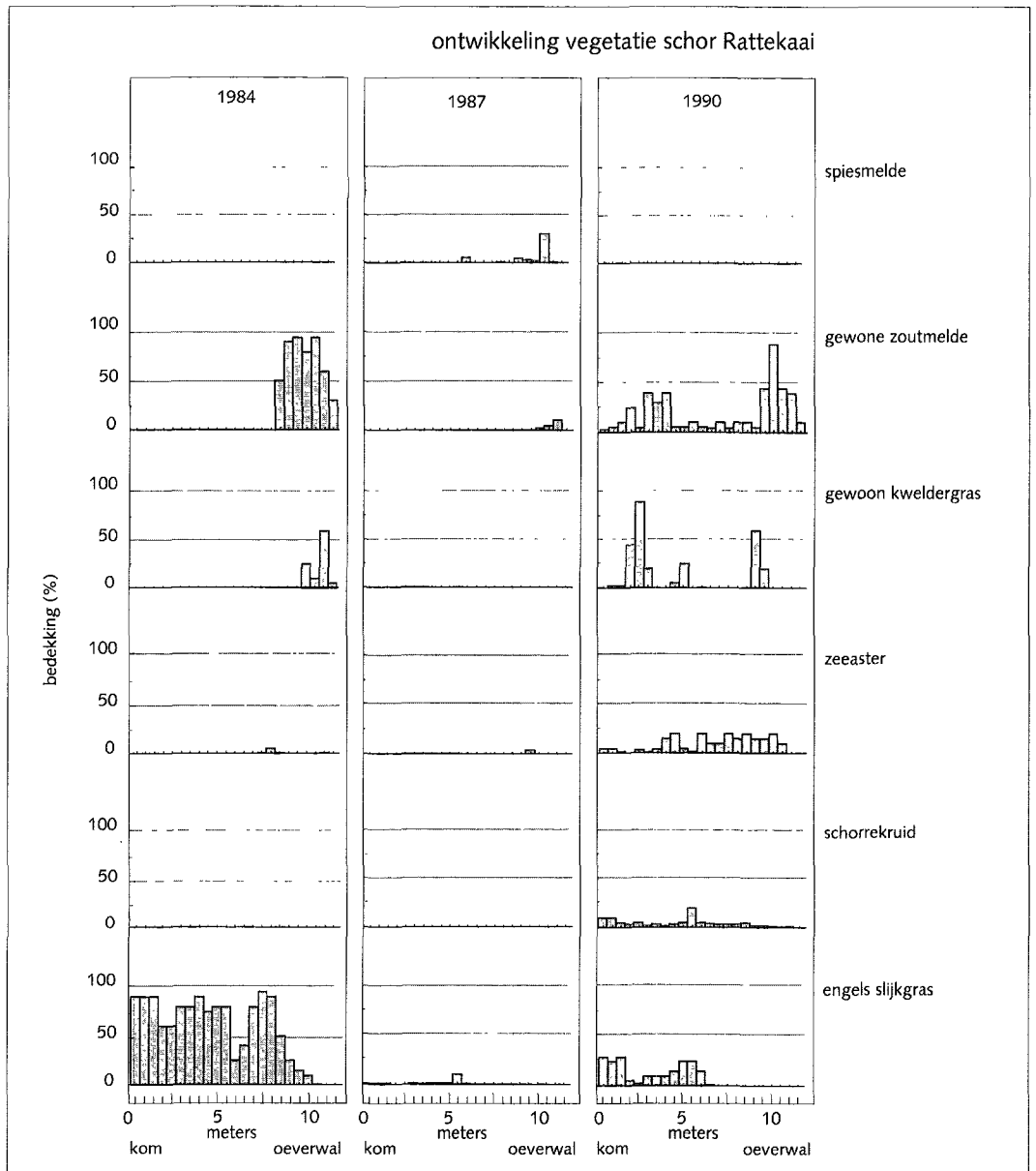
De soortensamenstelling zou verschuiven van zout-tolerante naar minder zout-tolerante soorten. Stikstofminnende soorten zouden in aantal toenemen; dit zou leiden tot verrijking van de vegetatie op de hogere delen.

##### Overgangsfase

##### • *schorvegetatie stierf af*

In de zomer van 1986 werd op alle schorren op grote schaal een verschuiving in plantensoorten geconstateerd. Sommige soorten stierven af,

figuur 4.26.  
Enkele plantensoorten die in 1984 nog volop voorkwamen in de kommen en op de oeverwallen van het schor bij Rattekaai waren in 1987 vrijwel volledig afgestorven. In 1990 waren alle schor-delen weer begroeid, maar deels met andere soorten dan in de oorspronkelijke situatie.



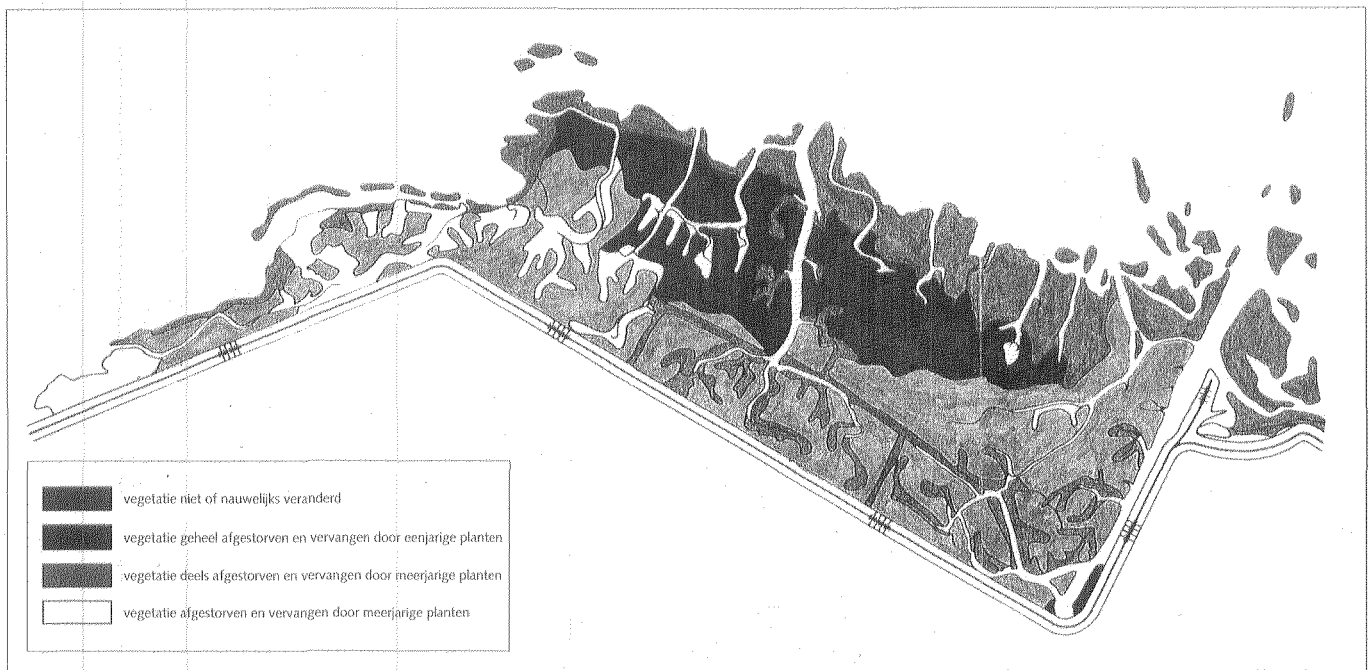
terwijl andere (vaak eenjarige) soorten hiervan profiteerden; de totale bedekkingsgraad bleef in dat jaar onveranderd. Enkele van de 'nieuwe' soorten bereikten abnormale afmetingen als gevolg van de beschikbaarheid van veel voedingsstoffen, welke waren vrijgekomen door het beter belucht raken van de bodem. In de zomer van 1987 werd op het middenschor massale sterfte van de vegetatie geconstateerd, leidend tot kale delen (figuur 4.26). Als directe oorzaak geldt de verminderde overspoeling in het najaar van 1986 en het voorjaar van 1987. Dit ging gepaard met strenge vorst in de winter en een daardoor nog versterkte, doorgaande bodemrijping. Een grotere gevoeligheid van de planten, als gevolg van hun slechte conditie na de strenge winters van 1984/1985 en 1985/1986, speelt ook een rol. Ruimtelijk was de mate van vegetatie afsterving verschillend: op Rattekaai stierf tussen de 60 en

80% van de vegetatie geheel of gedeeltelijk (figuur 4.27); op Stroodorpepolder ca. 25%, op Annaland ca. 35%, op Viane ca. 15% en op Anna-Jacobapolder ca. 5%. Op het hoogschor, relatief goed aangepast aan een lage overspoelingsfrequentie en reeds (bijna) gerijpt, traden in 1987 naar verhouding weinig veranderingen op; strandkweek werd hier overheersend. Ook op het laag-schor bleven de veranderingen beperkt.

#### Nieuwe situatie

- *Verzuring en verdroging van de bodem beïnvloeden vegetatie*

De krimp-scheuren, die tijdens de overgangsfase in de schorbodem waren ontstaan, zijn na 1987 door opzwellen van klei en inspoeling weer gedicht. Maar in elke droge zomer, zoals in 1989 en 1990, ontstaan langs de oude breukvlakken opnieuw krimp-scheuren. De intensiteit van



figuur 4.27.  
Op de schorren van Rattekaai trad in de zomer van 1987 massale sterfte op (tussen 60 en 80%) van vegetatie op het middenschor.

beluchting en uitdroging van de bodem tijdens droge zomers, is daardoor sterk toegenomen. De beluchting bevordert chemische omzettingen die kunnen leiden tot een verdere verzuring. De oxidatie van de zwavelverbindingen die als pyriet in alle schorren voorkomen draagt hieraan bij. Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat door dit proces de zuurgraad van de meeste Oosterscheldeschorren in extreme gevallen kan dalen tot ca.  $\text{pH} = 2,5$ ; de normale waarde ligt rond de 7 - 8. In het veld zijn tot op heden nog geen lagere waardes gemeten dan  $\text{pH} = 5,9$ . Waarschijnlijk omdat in de bodem nog voldoende buffercapaciteit aanwezig is om (voorlopig) een verdere daling te voorkomen. De potentiële verdere verzuring van de bodem en zeker de periodiek versterkte uitdroging en beluchting langs de kripscheuren, kunnen de verdere vegetatie-ontwikkeling sterk beïnvloeden.

- *Bedekkingsgraad hersteld, soortensamenstelling verschoven*

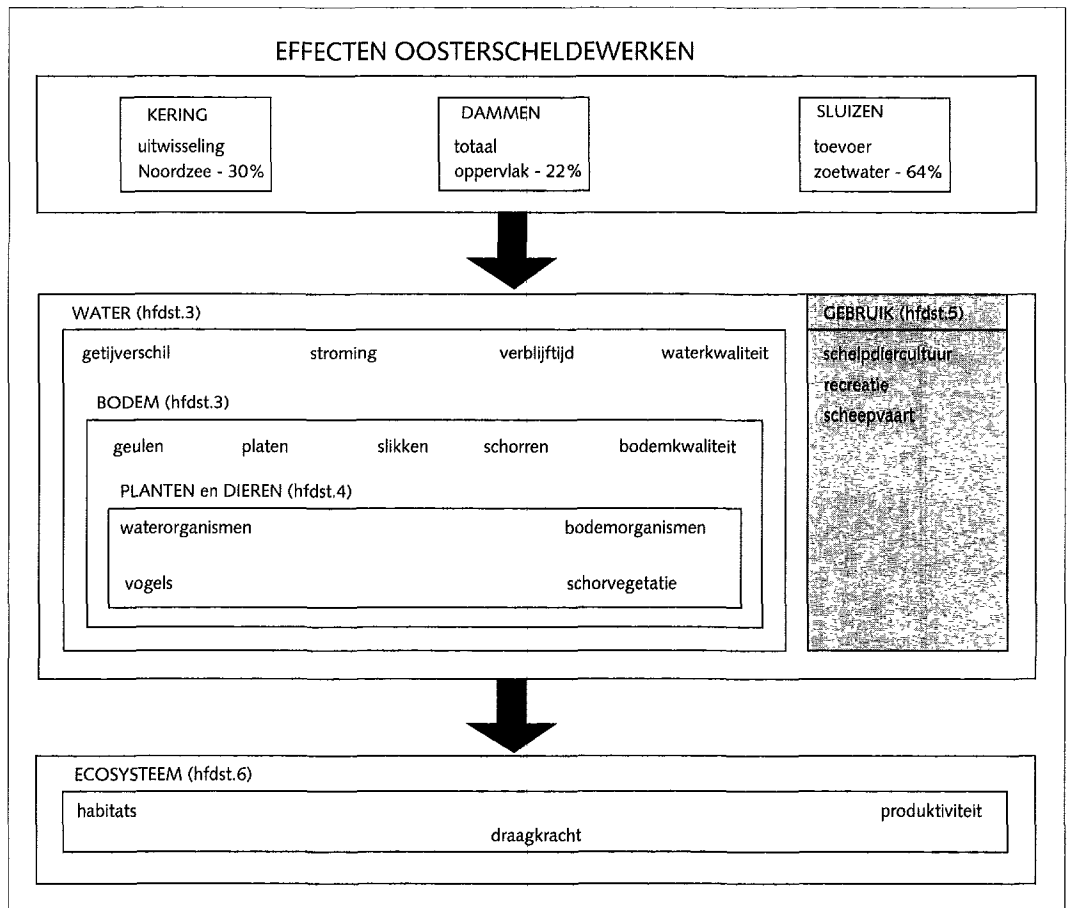
De in 1987 opgevallen plekken in de vegetatie, zijn in 1988 en 1989 weer begroeid geraakt. In 1990 was de oorspronkelijke bedekkingsgraad weer bereikt.

Zeker in 1988 en 1989 werd de vegetatie gekenmerkt door de aanwezigheid van veel zgn. storingsindicatoren; veelal éénjarige plantensoorten die snel kunnen reageren op verstoringen in de groeiomstandigheden. Zo werden bijvoorbeeld de opgevallen plekken grotendeels gekoloniseerd door zeekraal, schorrekruid en spiesmelde. Vanaf 1990 is op veel plaatsen sprake van een vervanging van storingssoorten door meerjarige planten. Opvallend daarbij is de

veel geconstateerde verschuiving van planten, die vroeger kenmerkend waren voor de relatief hooggelegen oeverwallen, naar de lager gelegen kommen. Op de oeverwallen zelf is de begroeiing op veel plaatsen vervangen door andere soorten. Zo is rood zwenkgras op de hogere oeverwallen nagenoeg verdwenen en wordt het meer op de lagere oeverwallen aangetroffen (ten koste van zoutmelde). In de hogere kommen komt vrijwel geen engels slijkgras meer voor. Kenmerkend voor de 'nieuwe' soorten is dat deze over het algemeen minder zouttolerant en minder vochtminnend zijn dan de soorten welke hier voor 1986 voorkwamen; hieruit blijkt de invloed van de verlaagde overspoelingsfrequentie en de afgenomen beschikbaarheid van vocht als gevolg van bodemrijping. In zijn algemeenheid was in 1990 op veel plaatsen de soortenrijkdom en het aantal meerjarige soorten kleiner dan voor 1986. Voorzover zich veruiging voordoet is dit een effect van de lagere overspoelingsfrequentie. Een goed voorbeeld is het hoge schor van Rattekaai, waar vrijwel 100% bedekking met strandkweek wordt aangetroffen.

#### Toekomstverwachting

De relatief hoge rijpingsgraad van de schorbodems, welke met name in droge zomers door toedoen van de aanwezige kripscheuren nog kan worden versterkt, is sterk bepalend voor de verdere vegetatie-ontwikkeling. Verdroging en plaatselijk tijdelijke toename van de verzuring in de reeds verzuurde bodems, doet de kans op afsterven van de vegetatie toenemen.



## 5 Effecten op schelpdiercultuur, recreatie en scheepvaart

De Oosterschelde vervult een aantal maatschappelijke functies. In dit hoofdstuk wordt op deze functies ingegaan voorzover er effecten van de waterbouwkundige werken waren te verwachten. De effecten op de natuurwaarden zijn in hoofdstuk 4 beschreven.

Van oudsher is de Oosterschelde van belang voor de schelpdiercultuur en -visserij; daarvan heeft de mosselkweek het grootste aandeel in de omzet en de werkgelegenheid. De kweek van platte oesters bestaat in de Oosterschelde niet meer sedert de besmetting met *Bonamia*, die is geïntroduceerd via de import van zaaioesters in 1979. De Japanse oester wordt verzameld en op beperkte schaal gekweekt.

De kokkelvisserij neemt nu in economisch opzicht de tweede plaats in. Deze visserij richt zich op de bestanden die van nature in de Oosterschelde voorkomen; hierop is reeds in hoofdstuk 4 ingegaan.

In de mosselcultuur wordt geprobeerd zo goed mogelijk gebruik te maken van de optimale kweekomstandigheden. Dit betekent dat mosselen, afhankelijk van de groeifase, worden verzaaid van de ene naar de andere lokatie. Vanwege de nauwe relatie tussen kweek en kweekomstandigheden, wordt in dit hoofdstuk apart aandacht gegeven aan de mosselcultuur.

Verder wordt kort ingegaan op de recreatie, die mogelijk is veranderd onder invloed van de werken, doordat het gebied beter toegankelijk is geworden. Van de overige functies komt verder alleen de beroepsscheepvaart aan de orde.

### 5.1 De mosselcultuur

In het intermezzo 'de mosselcultuur in de Oosterschelde' wordt de mosselteelt beschreven en wordt de lokatie van percelen aangegeven. Deze percelen worden op verschillende manieren gebruikt. Kweekpercelen worden gebruikt voor het kweken van halfwas- en consumptiemosselen. In 1988 zijn 40 percelen als proef aangelegd in gebieden die voorheen voor de kweek ongeschikt waren; dit zijn de zogeheten proefpercelen. Daarnaast worden in de kom percelen gebruikt als verwaterplaatsen, fondspcelen en quarantainepcelen. Al in 1983 is geconcludeerd dat het functioneren van de verwaterplaatsen door de werken niet in gevaar zou komen. Thans kan worden vastgesteld dat de percelen in de kom inderdaad hun functie hebben behouden. De aandacht is daarom verder gericht op het functioneren van de kweekpercelen.

In deze paragraaf wordt ondermeer ingegaan op de biomassa van de mosselen in de Oosterschelde. Deze biomassa wordt vrijwel geheel door de kweekactiviteiten bepaald. Verder komen de aanvoer en de kwaliteit van de gekweekte mosselen aan de orde en de resultaten van het kweken op de proefpercelen. De toekomstmogelijkheden voor het kweken van mosselen in de Oosterschelde worden, in relatie tot de draagkracht van het ecosysteem, in hoofdstuk 6 verkend.

#### 5.1.1 Het mosselbestand

De verspreiding en de biomassa van de mosselen wordt grotendeels bepaald door de mosselkwekers. Het bestand aan wilde mosselen wordt geschat op minder dan 5% van het totaal. De grootste concentraties gekweekte mosselen worden gevonden op de geulhellingen, waar op de percelen zaad- en halfwasmosselelen gezaaid worden om uit te groeien tot volwassen dieren van 5 tot 6 cm lang.

Het bestand aan mosselen is berekend op basis van statistieken, over de uitgezaaide en geogste hoeveelheden mosselen in de verschillende compartimenten. Er wordt gerekend met een tweejarige cyclus van de mosselcultuur, op basis

## Onderzoek gebruiksfuncties

*De ontwikkelingen in de gebruiksfuncties en de eventuele effecten van de waterbouwkundige werken op deze functies, zijn gevolgd via aparte programma's voor de visserij en voor de recreatie.*

*Groei, sterfte en cultuurtechnische aspecten van de mosselkweek zijn geanalyseerd aan de hand van maandelijkse bemonsteringen op in totaal 75 percelen, met inbegrip van de in 1988 uitgegeven proefpercelen, analyse van de aanvoerstatistieken en enquêtes van de kwekers.*

*In 1990 zijn recreantentellingen uitgevoerd en vergeleken met gegevens uit 1982.*

van twee jaarklassen: van zaad tot halfwas (halfwasmosselen) en van halfwas tot consumptie (consumptie mosselen). Er is uitgegaan van een constante produktiesnelheid door het jaar. De produktiesnelheid is daarbij zo gekozen dat de balans tussen gezaaide en geoogste mosselbiomassa sluitend is. Er is rekening gehouden met het gegeven dat er het gehele jaar mosselen worden uitgezaaid en geoogst.

Voorts is er voor iedere jaarklasse een groeicurve voor de individuele groei van een mossel van die jaarklasse bepaald conform figuur 5.1. In de berekening is aangenomen dat individuele mosselen van een bepaalde jaarklasse elk jaar dezelfde groei vertonen. Een jaarklasse begint op 1 april van een willekeurig jaar en eindigt op 31 maart van het volgende jaar. Deze curve is verder gebruikt om de filtratiesnelheid van de mosselen te berekenen (zie hoofdstuk 6). In figuur 5.2 is de totale hoeveelheid mosselen (in ton ADW) per compartiment weergegeven voor de periode 1980-1989. De maximale waarden worden elk jaar in het najaar bereikt en bedragen 18 g ADW/m<sup>2</sup> in de monding en ruim 30 g ADW/m<sup>2</sup> in het middengebied.

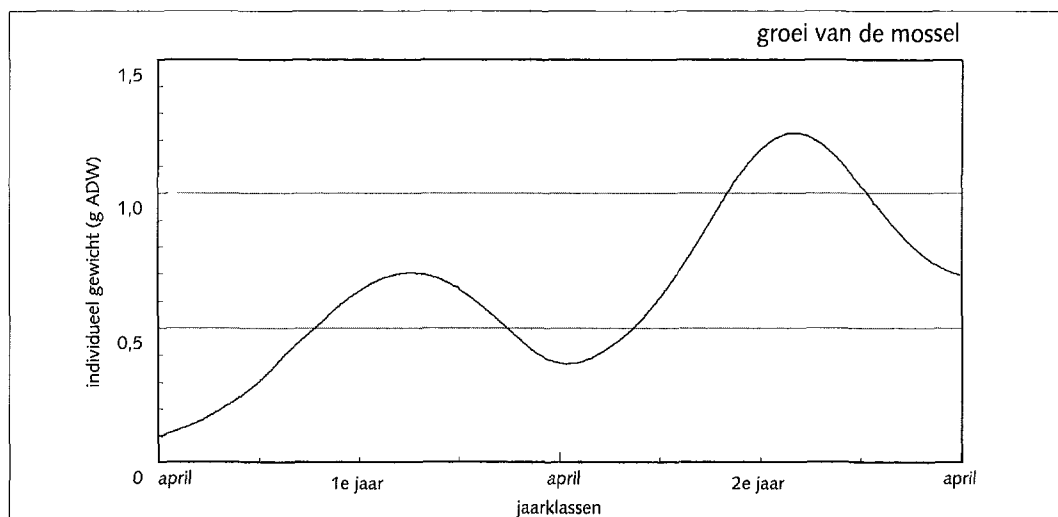
### 5.1.2 De aanvoer

De aanvoer van gekweekte mosselen is in de nieuwe situatie gemiddeld lager geweest dan in de oorspronkelijke situatie. De opbrengst in guldens is echter gestegen.

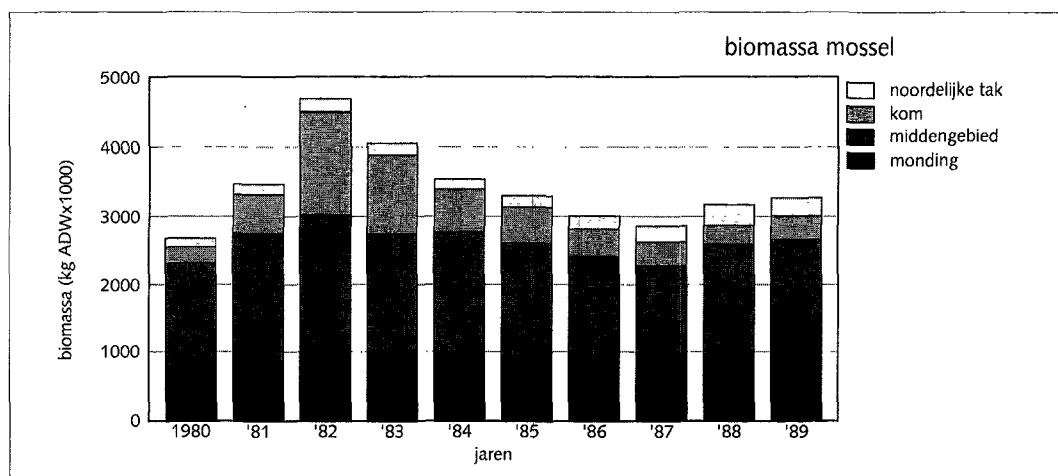
#### Oorspronkelijke situatie

In tabel 5.1 is de totale aanvoer en de aanvoerwaarde van consumptiemosselen uit de Oosterschelde en de Waddenzee weergegeven over de periode 1982-1991. De aanvoer van consumptiemosselen uit de Oosterschelde bedroeg gemiddeld 335.000 mosselton per jaar. In de oorspronkelijke situatie was deze aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde relatief constant ondanks de grote variatie van jaar op jaar in het beschikbare en verzaaide mosselzaad. In de Waddenzee zijn de schommelingen veel groter. De betrekkelijk constante aanvoer is een gevolg van de handelswijze van de kwekers, waarbij de Oosterschelde een bufferende functie vervult. In jaren met een overvloed aan zaad worden ook minder geschikte gebieden gebruikt. Dit zijn gebieden met een slechte groei of een hoog sterfte risico (wegspoelen, predatie). Daarnaast wordt er in deze jaren in hogere

figuur 5.1.  
De individuele groeicurve van een mossel van zaad tot consumptiemossel.



figuur 5.2.  
De totale hoeveelheid mosselen (in ton ADW) per deelgebied in de periode 1980-1989. In het najaar wordt de hoogste biomassa bereikt. Deze varieert van 18 g ADW/m<sup>2</sup> in de monding tot 30 g ADW/m<sup>2</sup> in het middengebied.





Seizoen	'82/'83	'83/'84	'84/'85	'85/'86	'86/'87	'87/'88	'88/'89	'89/'90	'90/'91
A: kg * 10 <sup>6</sup>									
O.S.	40	30	36	29	23	29	27	28	24
W'zee	78	67	26	73	38	57	37	79	70
totaal	118	97	62	102	61	86	64	107	94
B: fl * 10 <sup>6</sup>									
O.S.	12	11	17	14	20	17	28	12	19
W'zee	31	31	17	41	46	53	49	58	86
totaal	43	42	34	55	66	70	77	70	105

tabel 5.1  
De aanvoer van mosselen per seizoen vanuit de Oosterschelde, en de Waddenzee: A in mln kg en B in mln gulden (naar: LEI)

dichtheden gezaaid waardoor de kans op sterfte toeneemt. Verder zijn bij een hoge aanvoer de prijzen laag, waardoor de levering van vooral kleinere mosselen wordt uitgesteld.

**Prognose**

Verwacht werd dat de mosselkweek in de Oosterschelde kon worden gehandhaafd op het niveau van de oorspronkelijke situatie. Deze prognose ging uit van een gelijkblijvende aanvoer en kwaliteit van de mossel en was gebaseerd op de min of meer constante aanvoer in het verleden en de voorspelling dat het voedselaanbod voor de mosselen in het ecosysteem niet wezenlijk zou veranderen.

Een belangrijk gunstig perspectief was dat het potentieel kweekoppervlak aanzienlijk zou kunnen worden uitgebreid, hetgeen verplaatsing van minder goede percelen mogelijk zou maken.

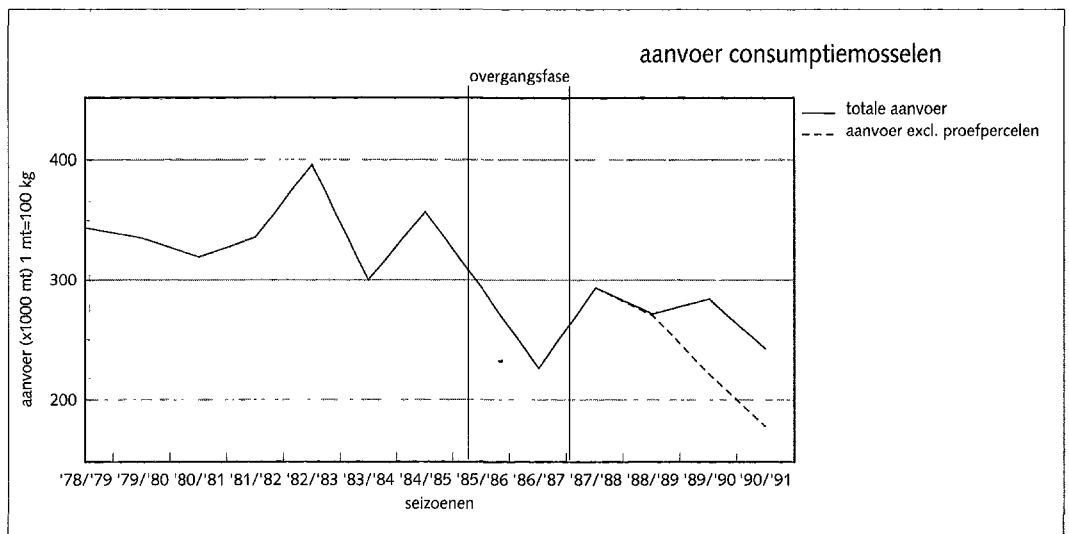
**Nieuwe situatie**

- Aanvoer van gekweekte mosselen is gedaald; het kweekoppervlak is vergroot

In de nieuwe Oosterschelde worden nu drie jaar mosselen gekweekt, die geleverd zijn in de seizoenen 1988/1989 t/m 1990/1991. In deze periode was er een toename van het bruikbare

kweekoppervlak met 8% (zie intermezzo: "De mosselcultuur in de Oosterschelde") en een kortere kweekcyclus omdat er relatief veel halfwasmosselelen beschikbaar waren als uitgangsmateriaal. Desondanks is de aanvoer in de nieuwe situatie lager dan in de oorspronkelijke situatie (figuur 5.3). De totale aanvoer (incl. de opbrengst van de proefpercelen) in de nieuwe situatie bedroeg gemiddeld ca. 266.000 mosselton; dit is 21% minder dan de gemiddelde aanvoer in de periode 1980/1985. De aanvoer van mosselen uit de oude kweekgebieden daalde met 33% tot ca. 233.000 mosselton. In de overgangsfase (1986/1987) was de aanvoer van mosselen al met 22% teruggelopen tot ca. 260.000 mosselton. Ondanks de lagere aanvoer in de overgangssituatie en in de nieuwe situatie steeg de aanvoerwaarde van gemiddeld 13,5 mln gulden in de periode 1982/1985, naar 19 mln gulden in de jaren 1987/1990 (tabel 5.1). De daling in de aanvoer uit de oude kweekgebieden wordt vooral bepaald door de daling in de aanvoer uit de Hammen (figuur 5.4). De proefpercelen rond Neeltje Jans bleken de lagere opbrengsten uit dit deelgebied onvoldoende te kunnen compenseren. In het oostelijk deel van de Hammen is de daling het

figuur 5.3.  
De totale aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde is in de nieuwe situatie lager dan in de oorspronkelijke situatie.



# De mosselcultuur in de Oosterschelde

De bedrijfstak van de mosselcultuur in Nederland bestaat momenteel uit ca. 80 bedrijven die beschikken over kweekpercelen in zowel de Oosterschelde als in de Waddenzee. De totale aanvoer van mosselen fluctueert sterk van jaar tot jaar, met name door de hogere produktierisico's in de Waddenzee. De gemiddelde aanvoer over de laatste tien jaar bedraagt ruim 900.000 mosselton (van 100 kg) per jaar, waarvan 2/3 uit de Waddenzee komt en 1/3 uit de Oosterschelde.

De geproduceerde mosselen worden aangevoerd in het najaar en de winter. Het leveringsseizoen eindigt 1 april. De laatste jaren blijkt dat er in het algemeen in de Oosterschelde meer mosselbiomassa wordt gezaaid dan geoogst. Ongeveer 80% van de gezaaide biomassa wordt weer teruggevangen. De mosselcultuur bewerkstelligt dus niet, zoals in de akkerbouw, een toename in de biomassa. In feite wordt de uitgezaaide mosselbiomassa geschikt gemaakt voor menselijke consumptie. Uit vele kleine mosselen wordt een kleiner aantal grote mosselen geproduceerd.

## De mosselteelt

De teeltcyclus beslaat in de regel twee jaar. De mosselen die voor consumptie op de markt gebracht worden, hebben een dynamisch leven achter de rug. Tijdens de zaadvisserij in mei en juni worden jonge mosselen, die zijn ontstaan in het voorgaande jaar, het zgn. mosselzaad, opgevisst van wilde mosselbanken in de Waddenzee en overgebracht naar de halfwaspercelen in de Waddenzee of de Oosterschelde.

De halfwaspercelen in de Oosterschelde liggen ondermeer op gronden die bij laagwater droogvallen. Deze ligging maakt de percelen kwetsbaar. Er is een risico van wegspoelen van de mosselen bij storm, van sterfte in strenge winters en van predatie door zilvermeeuwen en scholeksters. Anderzijds is een tijdelijk verblijf op deze gronden gunstig voor de mosselen. Zij krijgen door de droogstand een hardere schelp en zijn daardoor minder kwetsbaar bij het opvissen en de verwerking. Op de halfwaspercelen groeien de mosselen door tot een grootte van ca. 4 cm. Ze worden vervolgens overgebracht naar de dieper gelegen consumptiepercelen. Hier is het voedselaanbod groter en het risico van verlies door wegspoelen als gevolg van stormen en ijsgang relatief beperkt. Aan het eind van het groeiseizoen worden de inmiddels 3 jarige en ca. 6 cm grote mosselen opgevisst. De lading aangevoerde mosselen wordt te Yerseke geveild na registratie door het Mosselkantoor van het Produktschap voor Vis en Visprodukten. Op de verwaterplaatsen in de kom van de Oosterschelde worden de mosselen daarna gedurende enkele weken verwaterd. Hier kunnen de mosselen het zand en slib kwijtraken dat bij het opvissen meekomt vanaf de percelen.

Bij grote aanvoer kunnen, om markttechnische redenen, mosselen worden opgekocht door het mosselfonds. Deze mosselen worden op de fondspcelen in de kom van de Oosterschelde opgeslagen en aan het eind van het leveringsseizoen eventueel terugverkocht aan de kwekers, die deze mosselen weer uitzaaïen op

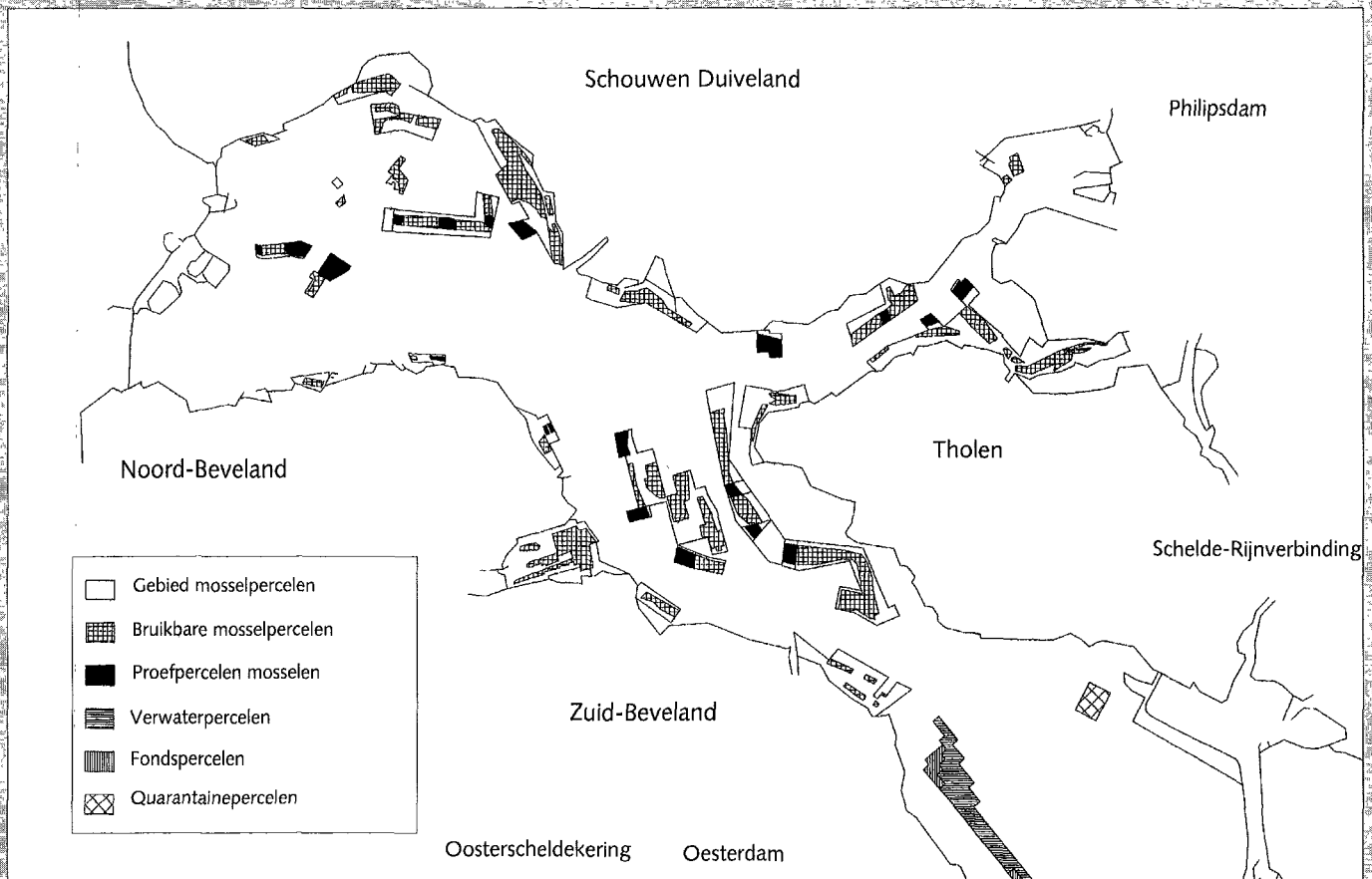
tabel 1

Bruikbaar oppervlak (ha) mosselpercelen in 1991(\*) en ter vergelijking het kweek-areaal in de oorspronkelijke situatie (1980/1987)

Percelen gebied	mondig	midden-gebied	kom	noord. tak	Totaal in 1991	Totaal tot 1987
halfwas *	45	405	-	90	540	1081
consumptie	510	610	-	190	1310	1010
proefpercelen	162	193	-	48	403	-
verwaterplaatsen	-	10	330	-	340	250
fondspcelen	-	-	110	-	110	175
quarantaine	-	-	80	-	80	-
Totaal kweekpercelen					2253	2091
Totaal	717	1218	520	328	2783	2516

\*Het gebruik van de halfwaspercelen in het intergetijdgebied kan van jaar op jaar sterk verschillen. Het wordt bepaald door de beschikbaarheid van jonge mosselen en hangt samen met de natuurlijke broedval.

figuur 1

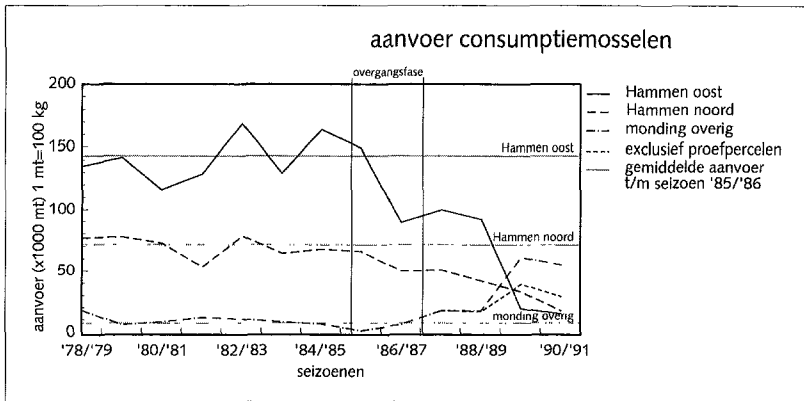


de percelen. Quarantainepercelen tenslotte, worden incidenteel gebruikt voor de opvang van partijen mosselen indien deze na opname van giftige algen besmet zijn met plankton toxinen.

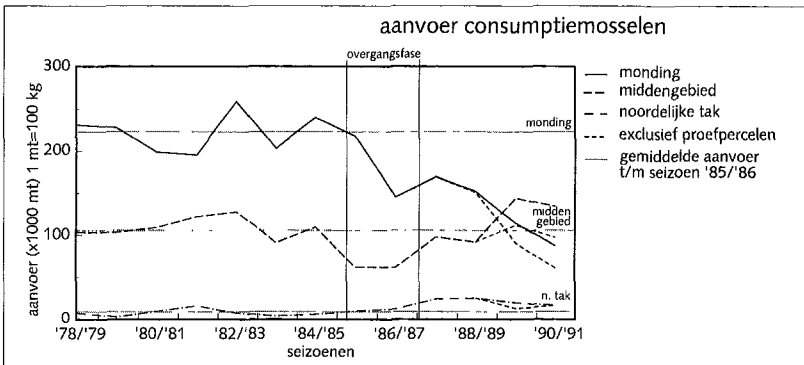
De laatste jaren zijn er enige wijzigingen in de teelt geweest. Sinds 1984 heeft er in de Oosterschelde nauwelijks meer broedval van mosselen plaats gehad. De oorzaken daarvan zijn onbekend. De kwekers zijn nu voor de zaadvissers geheel aangewezen op de Waddenzee. Vanaf 1985 mogen ook buiten de jaarlijks vastgestelde periode van het zaadvissen (mei/juni) zaad- en halfwasmosselen van percelen uit de Waddenzee worden verplaatst naar de Oosterschelde. Deze grotere flexibiliteit maakt het mogelijk om het beschikbare zaalgoed en de gronden beter te benutten. Het gebruik van de intergetijdegebieden in de Oosterschelde is afgenomen nu de halfwasmosselen direct van de Waddenzee op de dieper gelegen gronden kunnen worden gezaaid. Daarbij wordt de teeltcyclus in de Oosterschelde verkort tot één groeiseizoen.

### De ligging en de oppervlakte van de percelen

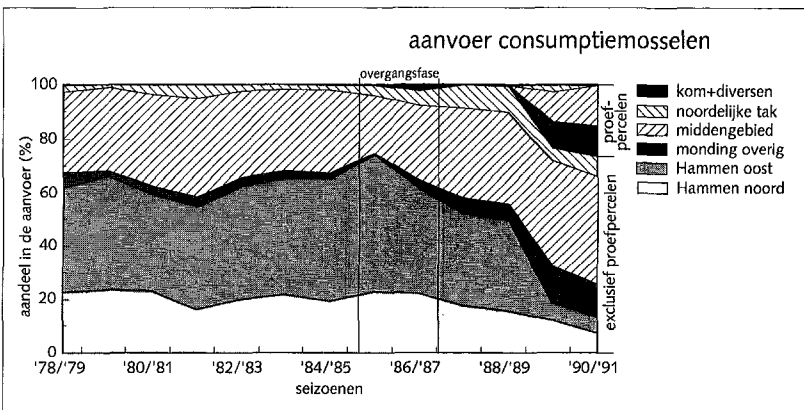
Als gevolg van de compartimentering zijn de mosselpercelen in het Krammer-Volkerak niet meer in gebruik. In dit deel van de vroegere Oosterschelde lagen destijds ca. 40% van de halfwaspercelen en 18% van de consumptiepercelen. Na de afsluiting van Krammer-Volkerak zijn in 1986, ter compensatie, percelen uitgegeven in de Oosterschelde en de Waddenzee. In de Oosterschelde gaat het in totaal om 12 percelen. In 1988 zijn 40 proefpercelen tijdelijk uitgegeven, verspreid over de Oosterschelde. Een overzicht van de totale oppervlakte bruikbare mosselpercelen in de Oosterschelde is te vinden in tabel 1 en figuur 1. Ter vergelijking is in tabel 1 tevens het areaal percelen opgenomen van de oude situatie, dus inclusief de percelen in het Krammer-Volkerak. In totaal bedraagt het huidige areaal halfwaspercelen, consumptiepercelen en proefpercelen, dat daadwerkelijk in gebruik is voor de mosselkweek, ca. 2300 ha.



figuur 5.4.  
Vooral de aanvoer van consumptiemosselen uit Hammen-oost is afgenomen ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. Dankzij de opbrengst van de proefpercelen is de opbrengst van de percelen rond Neeltje Jans toegenomen.



figuur 5.5.  
De aanvoer uit het middengebied en de noordelijke tak is toegenomen door de opbrengst van de proefpercelen.



figuur 5.6.  
Bijdrage van de verschillende productiegebieden aan de totale aanvoer.

grootst (55% afname). In de laatste twee seizoenen (1988/1989 en 1989/1990) is de aanvoer uit dit gebied teruggelopen tot slechts 12% van de aanvoer in de oorspronkelijke situatie. Deze afname hangt ondermeer samen met een verhoogde sterfte in Hammen-oost en met het feit dat een deel van de mosselen uit dat gebied niet is geleverd vanwege de geringe vleeskwaliteit (zie 5.1.3). Die mosselen zijn blijven liggen of zijn verzaaid naar percelen elders in de Oosterschelde. Dit betekent dat de productie van mosselen in de Hammen minder is afgenomen dan de aanvoercijfers suggereren. De aanvoer uit het middengebied is iets hoger dan in de oorspronkelijke situatie, door de opbrengst van de proefpercelen (figuur 5.5). De aanvoer uit de noordelijke tak is 2,5 keer zo hoog, mede dankzij de opbrengst van de proefpercelen. In figuur 5.6 is de verdeling van de aanvoer uit de verschillende productiegebieden samengevat.

**Toekomstverwachting**

De aanvoer van mosselen uit de Oosterschelde is in de nieuwe situatie ca. 20% lager dan in de oorspronkelijke situatie. Dit hangt deels samen met de afname van leveringen van consumptiemosselen uit de Hammen. Verplaatsing van een deel van de percelen uit de Hammen naar elders is mogelijk en kan tot gevolg hebben dat de groeiomstandigheden op de percelen die in de Hammen gehandhaafd worden, verbeteren. In hoeverre opbrengsten zoals in de oorspronkelijke situatie in de toekomst kunnen worden gerealiseerd, is, naast de beschikbare oppervlakte, afhankelijk van verschillende factoren, waaronder het aanbod van voedsel. Op de draagkracht voor mosselkweek uit het oogpunt van beschikbaarheid van voedsel wordt in hoofdstuk 6.3 ingegaan.

**5.1.3 Kwaliteit van de mosselen**

De kwaliteit van de mosselen uit de verschillende kweekgebieden is gelijkwaardig geworden. Uit het middengebied en de noordelijke tak wordt een betere kwaliteit geleverd, de kwaliteit van mosselen uit de Hammen is gedaald.

**Oorspronkelijke situatie**

Naast de hoeveelheid geleverde mosselen is de kwaliteit, uitgedrukt als het visgewicht (dit is het percentage mosselvlees ten opzichte van het totaal gewicht incl. schelp), bepalend voor de aanvoerwaarde. In figuur 5.7 zijn de visgewichten van de geleverde mosselen per kweekgebied sinds 1978 weergegeven. In de oorspronkelijke situatie was er in de Oosterschelde een gradiënt van west naar oost

in de mosselkwaliteit. De beste kwaliteit mosselen kwam uit de Hammen en vooral van de meest westelijk gelegen percelen in dat gebied. De mosselen konden hier optimaal profiteren van de primaire produktie in de Oosterschelde en van voedselimport uit de Noordzee. De beschikbaarheid van voedsel is een belangrijke factor voor de mosselkwaliteit. Zie hiervoor het intermezzo: "voedselaanbod en mosselkwaliteit".

**Prognose**

Verwacht werd, dat de oorspronkelijke oost-west gradiënt in de kwaliteit van de mosselen zou vervagen als gevolg van de verminderde uitwisseling met de Noordzee en de voorspelde verbetering van de voedselkwaliteit in het bekken.

**Nieuwe situatie**

- *kwaliteit mosselen uit Hammen gelijkwaardig geworden aan kwaliteit mosselen uit middengebied en noordelijke tak*

Al in de overgangsfase daalde het visgewicht van de mosselen in de Hammen van (gemiddeld) 25,3% naar 23,8%, behalve op de percelen direct achter de kering, waar geen afname optrad. In het middengebied stegen de visgewichten van 21,7% naar 24,7% en in de noordelijke tak van 22,4% naar 24,6%. De visgewichten in de Hammen zijn in de nieuwe situatie verder verminderd en bedragen nu gemiddeld 22,4%. De daling van de visgewichten is het grootst in het gebied Hammen Oost, namelijk van 24,7% naar 20,0%.

De daling in de kwaliteit van de geleverde mosselen uit de Hammen heeft meerdere oorzaken. De afname van de kwaliteit wordt toegeschreven aan de verminderde wateruitwisseling

met de Noordzee en de afgenomen primaire produktie in de monding in de nieuwe situatie. Dit laatste vloeit mede voort uit veranderingen in de nutriëntengehalten in de voordelta als gevolg van verminderde afvoer van de Rijn.

Een factor die ook van belang kan zijn, is de zaaidichtheid van de mosselen, die leidt tot een competitie om voedsel. Er zijn aanwijzingen, dat deze de laatste jaren aan de hoge kant zijn geweest. Dat is een gevolg van de gewijzigde kweekmethode, waardoor nu gedurende het hele seizoen mosselen van de Waddenzee naar de Oosterschelde verplaatst mogen worden, en van de grote hoeveelheden zaad en halfwas die in 1988 en 1989 voorradig waren.

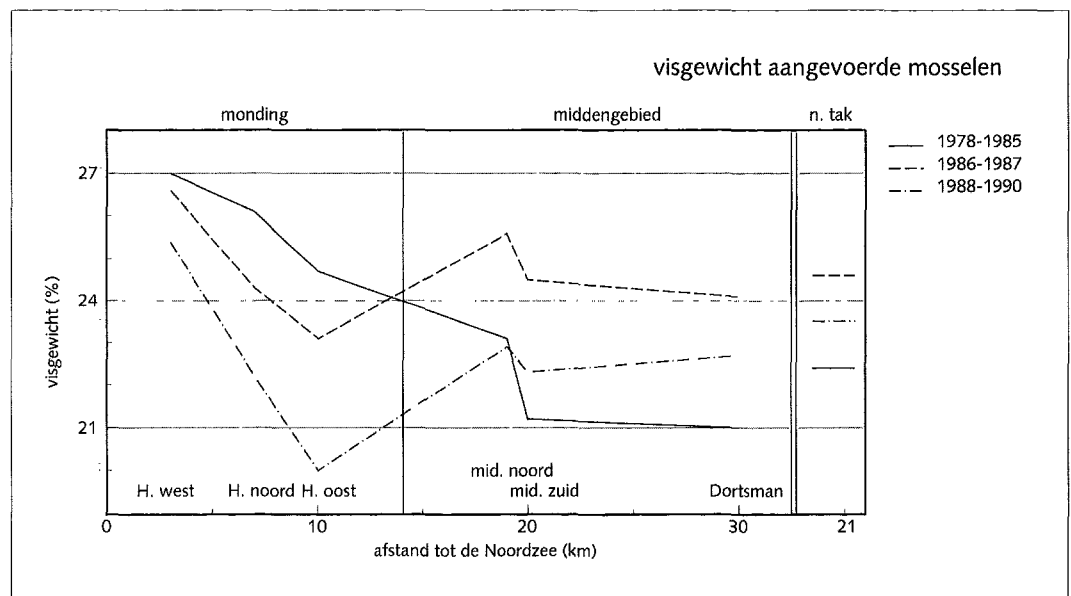
Voorts is waargenomen dat er in het gebied sedimentatie optreedt die leidt tot sterfte. Opmerkelijk is dat de sterfte zich vooral in het voorjaar heeft gemanifesteerd. De sterfte heeft zich overal voorgedaan, maar in Hammen-oost zijn de mosselen het sterkst getroffen. In het intermezzo "Sterfte in het voorjaar" wordt hierop nader ingegaan.

In het middengebied en de noordelijke tak bereikten de visgewichten in de nieuwe situatie een iets hoger niveau dan in de oorspronkelijke situatie; gemiddeld resp. 22,5% en 23,5%. Dit correspondeert met de ontwikkelingen in de primaire produktie die vooral in de noordelijke tak relatief hoog is.

**Toekomstverwachting**

De kwaliteit van de mosselen van verschillende kweeklokaties vertoont niet meer de gradiënt van afnemende kwaliteit van west naar oost zoals in de oorspronkelijke situatie. Naar verwachting zal de huidige mosselkwaliteit gehandhaafd kunnen blijven, of kunnen verbeteren bij een herverdeling van percelen.

figuur 5.7. In de oorspronkelijke situatie namen de visgewichten gaande van west naar oost af van ca. 27% tot ca. 21%. Tegenwoordig ontlopen de visgewichten in de verschillende deelgebieden elkaar niet veel meer.



# Voedselaanbod en mosselkwaliteit

De groei van mosselen kan aan de hand van het visgewicht (percentage mosselvlees t.o.v. totaalgewicht incl. schelp) worden gemeten. Het blijkt dat de visgewichten in de periode 1980-1987 samenhangen met de primaire productie per jaar. In de figuur is het visgewicht vergeleken met de primaire productie in de deelgebieden monding en middengebied voor de hele meetperiode. Zowel de primaire productie als de visgewichten liggen in de monding in de nieuwe situatie lager dan voorheen.

In het middengebied is de primaire productie in de overgangsfase en de nieuwe situatie in dezelfde orde van grootte als in de oorspronkelijke situatie. De visgewichten liggen evenwel iets hoger en zijn vergelijkbaar met de visgewichten uit de Hammen in de oorspronkelijk situatie. Mogelijk houden de hogere visgewichten verband met een verschuiving in het gebruik van de percelen naar de meer diepere delen die nu geschikt zijn geworden. Daarnaast speelt mee, dat de voedselopname efficiënter geworden doordat er minder onverteerbaar slib in het water zit. Overigens zijn de visgewichten van de mosselen van de proefpercelen in deze analyse niet meegenomen.

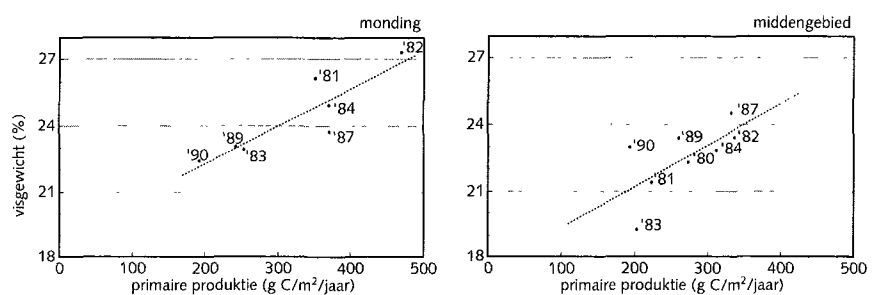
Naast een verband met de primaire productie is er ook een verband gevonden met de hoeveelheid plankton, uitgedrukt als het chlorofyl gehalte, gedurende een deel van het jaar.

Er blijkt een significant positief verband tussen het gemiddelde chlorofylgehalte in de periode juni-november en het visgewicht (zie figuur). Dit verband is niet aanwezig met de jaargemiddelde chlorofylgehalten; het verband met de voorjaarsbloei (april-mei) lijkt zelfs negatief. Het hoge voedselaanbod in die periode komt blijkbaar niet ten goede aan de groei van de mosselen. Dit hangt waarschijnlijk samen met de voortplanting van de mossel die in deze periode optreedt. De opgenomen energie wordt vooral gebruikt voor de aanmaak van geslachtsproducten.

Zowel het gemiddelde chlorofylgehalte over de periode juni-november, als de primaire productie, vertonen dus een duidelijke relatie met de visgewichten. Daarbij geldt, dat de primaire productie meer bepalend is voor de mosselgroei dan het chlorofylgehalte. Het chlorofylgehalte is een afspiegeling van de productie enerzijds en de consumptie anderzijds.

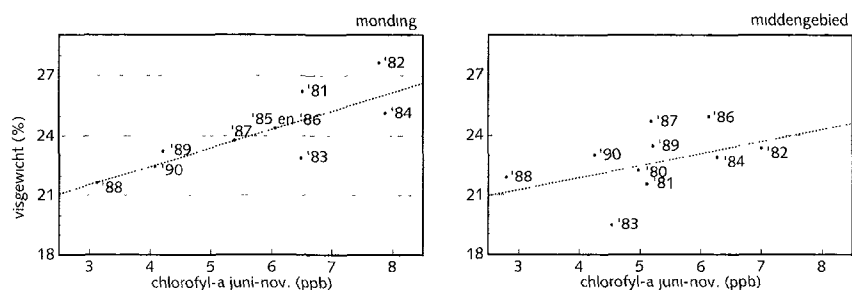
Het verband tussen de visgewichten en de primaire productie in de periode 1980-1990 in de monding en het middengebied.

relatie visgewicht en primaire productie



Het verband tussen de visgewichten en het chlorofylgehalte in het groeiseizoen in de periode 1980-1990 in de monding en het middengebied.

relatie visgewicht en chlorofyl-a concentratie



# Sterfte in het voorjaar

figuur 1

De sterfte in % van de aanwezige mosselen in 1989 op percelen met weinig en veel slib. In de monding en het middengebied, op percelen met een hoog slibgehalte wordt de hoogste sterfte gemeten. Deze sterfte vertoont een piek in het voorjaar.

figuur 2

In deze figuur is de sterfte van mosselen uitgezet als functie van de afstand tot de Noordzee en is tevens het slibgehalte van de bemonsteringslokalities aangegeven. In 1989 kwam sterfte het meest voor op percelen in de monding. Op lokaties met veel slib was de sterfte daar doorgaans het hoogst.

figuur 3

Uit metingen in de periode 1988-1990 blijkt, dat de sterfte niet alleen samenhangt met het slibgehalte van de bodem, maar ook met de chlorofylconcentratie in april en mei.

De opbrengst van de mosselkweek wordt in belangrijke mate bepaald door de omvang van de sterfte op de percelen. De kweekmethode houdt in dat van de gezaaide jonge mosselen slechts een beperkt aantal grote exemplaren wordt geoogst; sterfte is dus een normaal gegeven in de mosselkweek. Niettemin is het zaak een zo gering mogelijke sterfte te bereiken. Een belangrijke factor daarbij is het beperken van het wegspoelrisiko, dat bij hoge stroomsnelheden optreedt. Door de afname in de stroomsnelheid is dit risico in de Oosterschelde sterk gedaald.

Maar de stroomsnelheden moeten niet te laag zijn. In 1987 werd duidelijk, dat in een aantal gebieden waar sedimentatie optrad, de sterfte onder de mosselen was toegenomen.

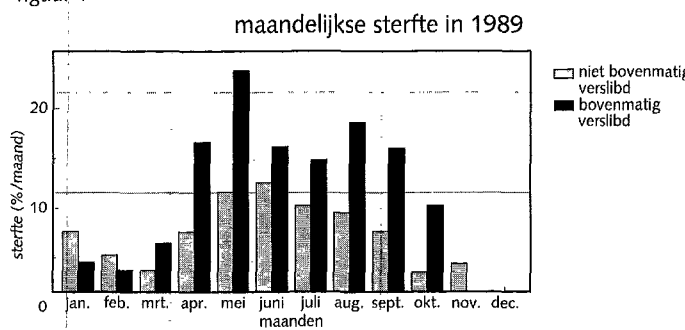
Vanaf 1988 is de relatie tussen sterfte en sedimentatie meer systematisch onderzocht. Daaruit kwam naar voren, dat er een hogere sterfte is op percelen met een hoog slibgehalte, met een piek in de sterfte in het voorjaar (figuur 1). Tevens bleek er een verband aantoonbaar met de ligging van de percelen; de meest westelijke vertoonden een hogere sterfte. In 1989 was er een grotere sterfte dan 1988. In figuur 2 is het verloop van de sterfte in 1989 uitgezet voor normale en slikkige percelen.

In 1990 bleef de sterfte zoals was opgetreden in 1989 uit. Wel werd op zeer slikkige lokaties opnieuw een licht verhoogde sterfte aangetroffen.

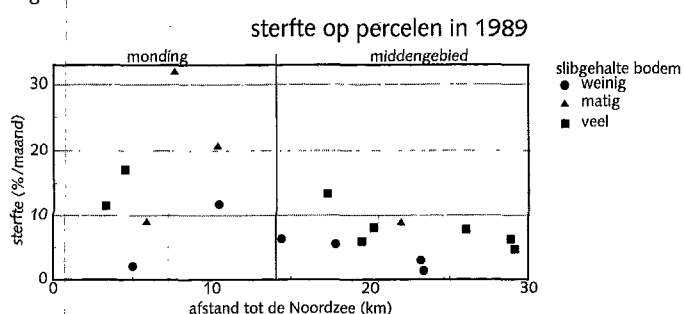
Uit een vergelijking van de sterftegegevens met het chlorofylgehalte over de periode 1988 t/m 1990 bleek, dat de sterfte significant samenhangt met de slikkigheid van de bodem en de gemiddelde chlorofylconcentratie (aan de oppervlakte) in april-mei (figuur 3). Ook bleek er een verband met de maximale chlorofylgehalten tijdens het voorjaar. Voor de relatief hoge sterfte in 1990 in het middengebied kon evenwel geen verklaring worden gevonden in relatie tot het chlorofylgehalte.

De relatief hoge sterfte op de percelen met sterke slibsedimentatie is het gevolg van het afsterven en sedimenteren van plankton tijdens en na de voorjaarsbloei. De mineralisatie van dit plankton veroorzaakt zuurstofloosheid in de bovenste bodemlaag. De mosselen, reeds verzwakt door de vorming van de geslachtsproducten, sterven hierdoor. De slikkigheid van de bodem wijst op ophoping van organisch materiaal na bezinking. Uit analyses van bodemcores komt ook naar voren, dat de omvang van de sedimentatie gerelateerd is aan de omvang van de voorjaarsbloei.

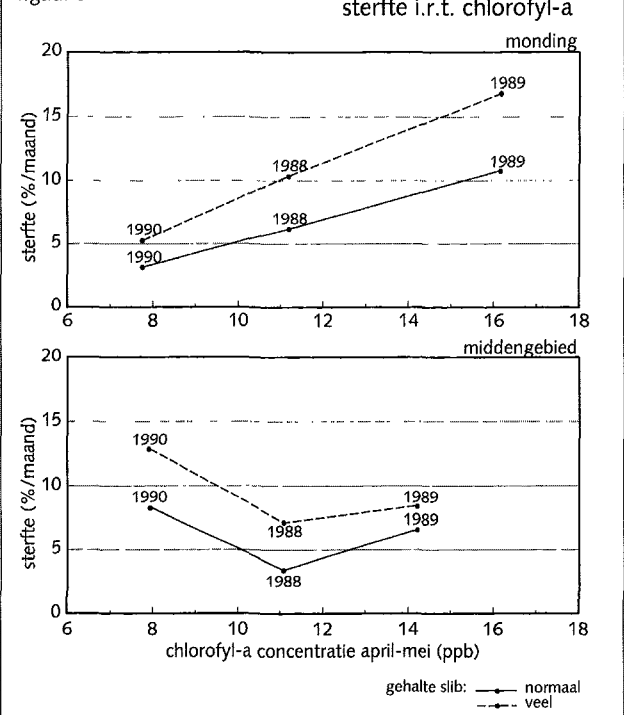
figuur 1



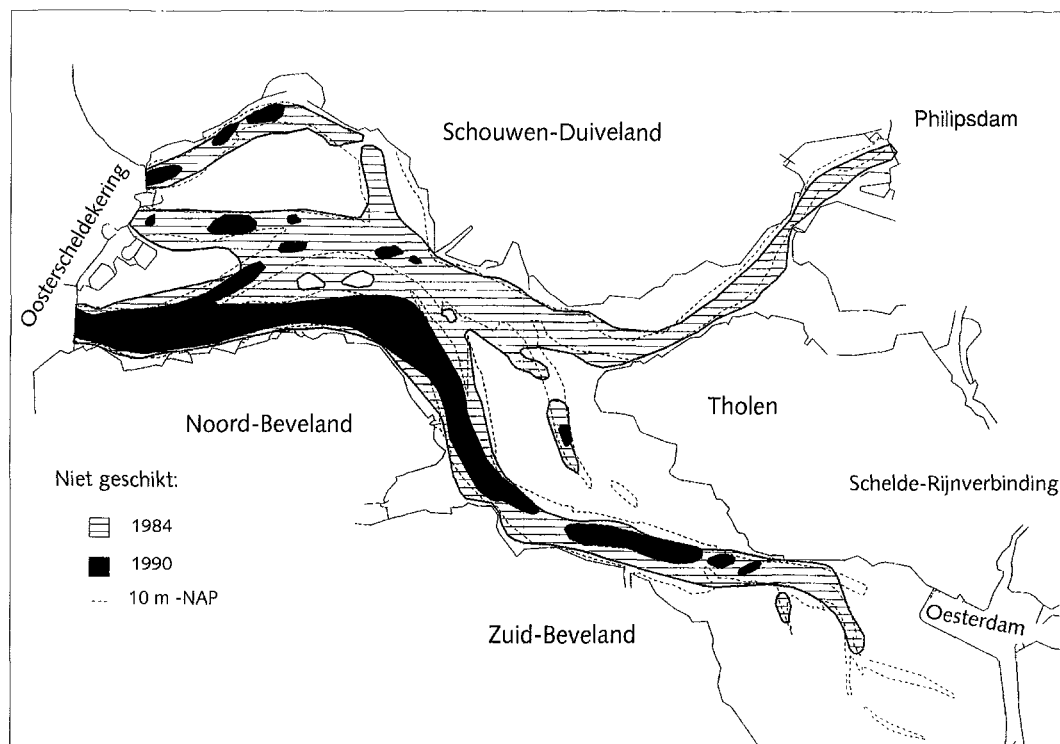
figuur 2



figuur 3



figuur 5.8.  
De stroomsnelheden zijn nog slechts in een klein deel van de Oosterschelde zo hoog, dat mosselkweek er niet mogelijk is.



**5.1.4 Resultaten van de proefpercelen**  
De proefpercelen zijn een succes. Vrijwel overal in de Oosterschelde is mosselkweek mogelijk geworden. De meeste percelen blijken betere kweekresultaten te geven dan bestaande percelen in hetzelfde gebied.

**Oorspronkelijke situatie**

De mogelijkheden voor het kweken van mosselen werden in de oorspronkelijke situatie vooral bepaald door de heersende hydraulische omstandigheden. De meeste getijgeulen waren ongeschikt voor mosselkweek, vanwege het risico dat mosselen bij hoge stroomsnelheden wegspoelen. Gebieden met stroomsnelheden boven 60 cm/s bij gemiddeld getij zijn in het algemeen niet bruikbaar. Net als in de Waddenzee beperkte de mosselcultuur in de Oosterschelde zich in de oorspronkelijke situatie tot beschut gelegen gebieden. Het kweekresultaat op de mosselpercelen wordt echter niet alleen door de hydraulische condities bepaald. Bekend is, dat vraat door zeesterren en de aanvoer van voedselrijk water lokaal tot grote verschillen in het kweekresultaat kunnen leiden. Ook lokale verschillen in het risico van verhoogde sedimentatie en sterfte zijn van belang.

**Prognose**

Verwacht werd, op grond van voorspellingen van de stroomsnelheden, dat het potentiële kweekareaal aanzienlijk kon worden uitgebreid en dat er een aanpassing van kweeklocaties aan de nieuwe stromingscondities wenselijk en mogelijk zou zijn.

**Nieuwe situatie**

- *Proefpercelen succesvol, op veel plaatsen nieuwe kweekmogelijkheden*

In de Oosterschelde zijn, wat stroomsnelheden betreft, ruime mogelijkheden ontstaan voor de aanleg van nieuwe goede mosselpercelen. De stroomsnelheden zijn overeenkomstig de verwachtingen gedaald. Op figuur 5.8 is aangegeven welk gedeelte van de Oosterschelde op grond van het wegspoelrisico nu potentieel als kweekgebied beschikbaar is. In hoeverre deze mogelijkheden ook daadwerkelijk zullen kunnen worden benut, hangt onder meer samen met de draagkracht van de Oosterschelde. Dit onderwerp wordt in hoofdstuk 6.3 behandeld. In 1988 werden 40 proefpercelen uitgegeven in gebieden die mogelijk geschikt waren geworden door de daling van de stroomsnelheden. Doel hiervan was de geschiktheid van gebieden met afgenomen stroomsnelheden beter te kunnen beoordelen. Behalve informatie over de geschiktheid van nieuwe gebieden voor de kweek, heeft de aanleg van de proefpercelen ertoe geleid, dat de opgetreden daling in de aanvoer van de mosselen in de Oosterschelde beperkt is gebleven. De proefpercelen hebben in totaal voor ca. 25% bijgedragen in de totale aanvoer.

- *beste mogelijkheden rond Neeltje Jans en Galgeplaat*

Per groep proefpercelen zijn de kweekresultaten weergegeven als opbrengst en kwaliteit in figuur 5.9. In deze figuur is ook het aandeel consumptiemosselen ten opzichte van halfwasmosselen



vermeld. De proefpercelen met de beste productieomstandigheden liggen in de mond van de Oosterschelde rond Neeltje Jans en in het middengebied nabij de Galgeplaat en Vondelingeplaat. De visgewichten en het aandeel van consumptiemosselen in de totale productie zijn in deze gebieden het hoogst. Opgemerkt moet worden dat op de proefpercelen bij Neeltje Jans en bij de Galgeplaat in mei 1989 verhoogde sterfte door verslibbing is geconstateerd. Lokaal ging de mosselvoorraad door verstikking soms geheel verloren. Anders dan in de Hammen echter, herstelde de mosselpopulatie in deze gebieden zich snel en de overlevende mosselen groeiden uit tot een kwalitatief hoogwaardig produkt.

Proefpercelen elders in de Oosterschelde bleken eveneens geschikt voor mosselkweek en gaven betere resultaten dan in de buurt gelegen bestaande percelen.

De aanvoer en kwaliteit van de mosselen van proefpercelen uit de nabijheid van Hammen-oost waren het laagst.

**Toekomstverwachting**

Zowel de aanvoer als de kwaliteit van mosselen van de proefpercelen is hoger dan van de andere percelen. Verwacht wordt dat door een herverdeling van het kweekoppervlak, waarbij percelen in voor mosselcultuur minder geschikte gebieden worden ingenomen en elders opnieuw worden aangelegd, de kwaliteit van het kweekareaal zal verbeteren.

**5.2 Recreatie**

**Recreatiedruk minder toegenomen dan verwacht**

Het recreatief gebruik van de Oosterschelde is afhankelijk van de nationale en internationale ontwikkelingen op het gebied van de recreatie. Los hiervan hebben de waterbouwkundige werken invloed gehad op de recreatie op de Oosterschelde. De toegankelijkheid van het gebied is sterk vergroot door de aanwezigheid van de stormvloedkering en de Philipsdam en Oesterdam. Dit komt het duidelijkst naar voren in de recreatieve ontwikkelingen rondom de Oesterdam. Dit voorheen nauwelijks toegankelijke gebied heeft zich in enkele jaren tijd ontwikkeld tot een recreatieve trekpleister.

**Prognose**

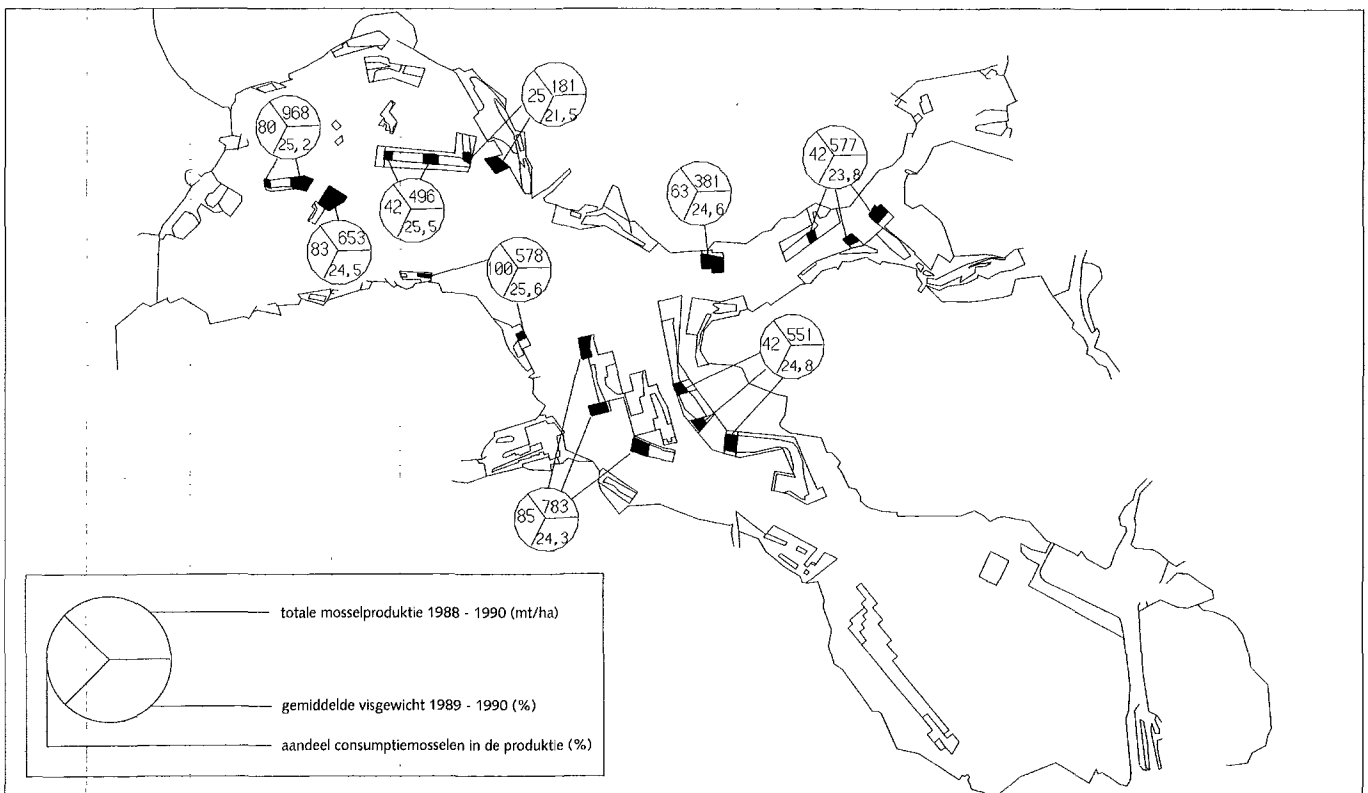
Verwacht werd dat het recreatieve gebruik van de Oosterschelde zou toenemen door de grotere ontsluiting en de lagere stroomsnelheden, die een verminderd risico zouden inhouden, met name voor de kleinere boten.

**Nieuwe situatie**

De belangrijkste ontwikkelingen zijn:

- de oeverrecreatie vormt veruit de belangrijkste categorie. De omvang hiervan is niet duidelijk veranderd;
- het aantal zeeaasstekers is afgenomen. Verondersteld wordt dat de hoeveelheid verzameld zeeaas niet is afgenomen: er lijkt een tendens tot professionalisering te zijn opgetreden.

figuur 5.9.  
Op de proefpercelen zijn gunstige kweekresultaten bereikt. Dit geldt zowel voor de opbrengst als de kwaliteit.



Ook is het aanbod van zagerkwekerijen in de afgelopen jaren vergroot. De favoriete spitslokaties zijn nauwelijks veranderd;

- surfen is nagenoeg niet toegenomen, behalve bij de Oesterdam;
- sportvisserij vanaf bootjes is toegenomen. De favoriete stekken zijn in de loop der jaren weinig veranderd;
- de watersport op de Oosterschelde is duidelijk toegenomen; voor de meest geliefde ankergebieden lijkt er een zekere traditie te bestaan;

Deze ontwikkelingen houden verband met een toename van het aantal vaste ligplaatsen met 550 sinds 1982, een uitbreiding van het aantal passantenplaatsen met 240 en een stijging van het aantal sportvis- verhuurboten met ongeveer 20.

De totale bestedingen in de recreatieve sector zijn in deze periode met ca. 15% gestegen, de werkgelegenheid met ongeveer 6%.

**Conclusies en verwachtingen**

Geconcludeerd wordt dat er geen grote veranderingen zijn opgetreden, behalve op het gebied van de watersport en lokaal bij de Oesterdam. De recreatiedruk op de Oosterschelde en met name in het intergetijdgebied, is enigszins toegenomen vanwege de toegenomen watersport. De toename is echter minder groot dan verwacht. De verdere ontwikkelingen in recreatiedruk zijn moeilijk te voorspellen.

**5.3. Scheepvaart**

**Kans op scheepsongevallen afgenomen**

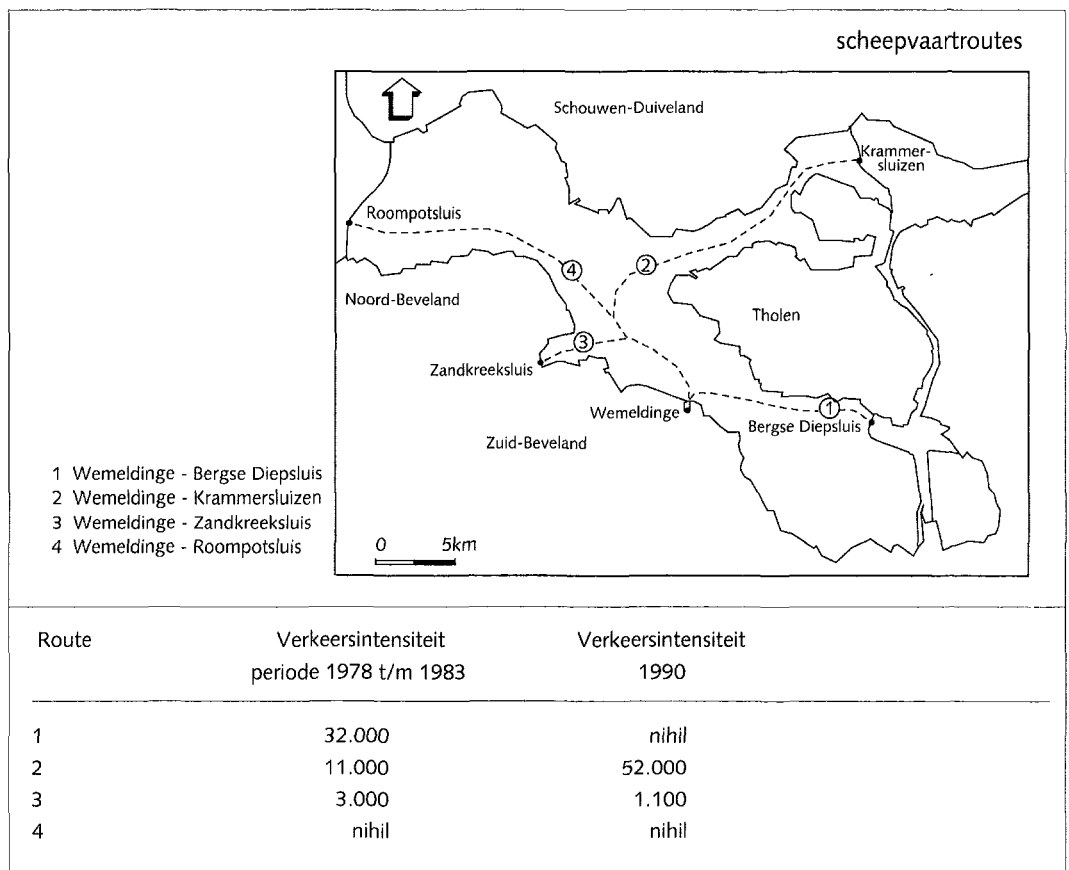
In november 1975 is met het gereed komen van de Kreekraksluizen de Schelde-Rijn verbinding in gebruik genomen. Dit betekende een drastische verandering in de vervoersstromen. Het aantal passages van de binnenvaart via Hansweert-Wemeldinge verminderde met meer dan de helft ten gunste van de nieuwe Schelde-Rijnverbinding.

Na de sluiting van het Tholensche Gat in 1986 veranderden de vervoersstromen op de Oosterschelde opnieuw. De route Eendracht-Wemeldinge (goed voor 32.000 schepen per jaar) verviel, waardoor het aantal schepen op de route Wemeldinge-Krammersluizen toenam tot ca. 52.000 per jaar. De kans op ongevallen waarbij milieugevaarlijke stoffen vrijkomen nam hierdoor op deze route aanvankelijk toe met een factor 2,5 ten opzichte van de situatie in de periode 1978-1983. Door beheersmaatregelen als verbetering van betonning, verruiming vaarwegen en scheepvaartbegeleiding, werd de kans op ongevallen vanaf 1988 teruggebracht op het niveau van begin jaren tachtig.

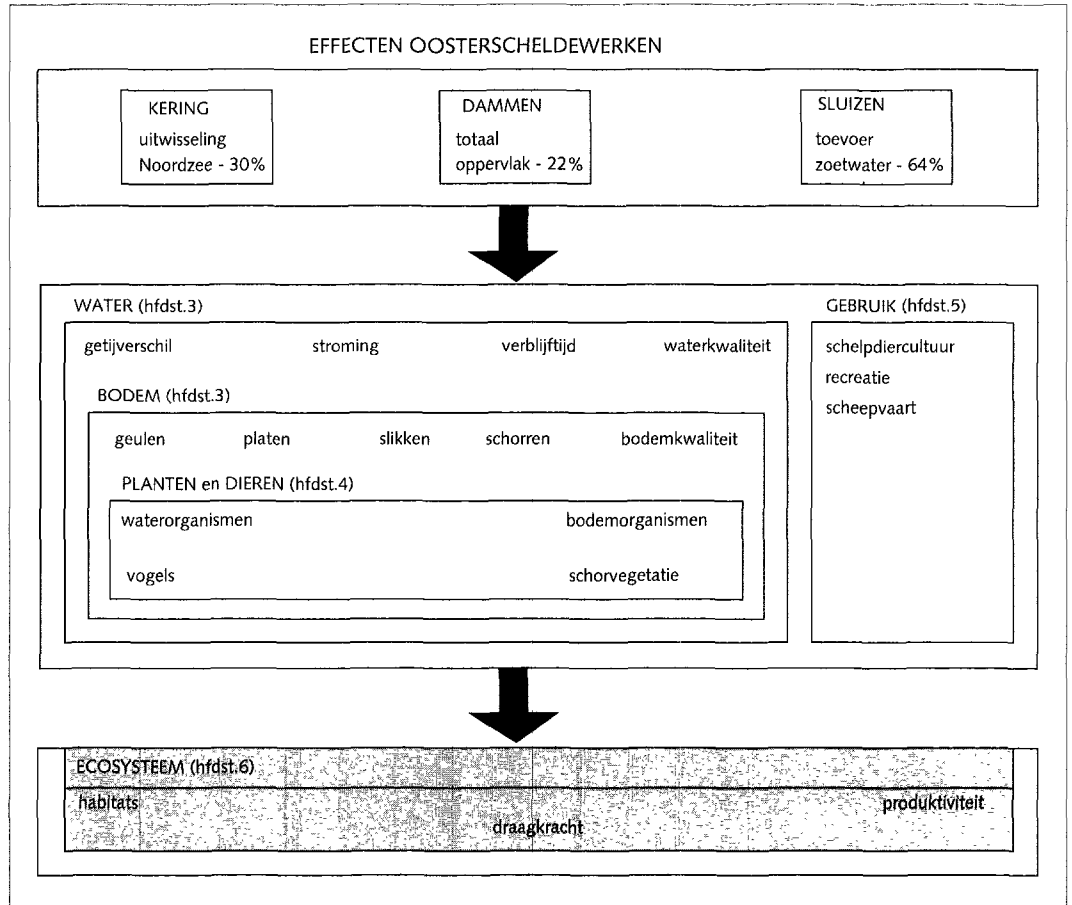
In de kom van de Oosterschelde is de kans op verontreiniging met milieugevaarlijke stoffen als gevolg van een scheepsongeval in de nieuwe situatie sterk verkleind.

In figuur 5.10 zijn de vroegere en de huidige scheepvaartbewegingen weergegeven.

figuur 5.10. De huidige scheepvaartroutes op de Oosterschelde.







## 6 Integratie van effecten en respons van het systeem

In de voorgaande hoofdstukken zijn de effecten van de werken op de verschillende aspecten van het Oosterschelde systeem weergegeven. In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre er samenhang bestaat tussen de waargenomen effecten, wat de relatie is met de werken en wat de respons is van het ecosysteem op de veranderingen. Tevens wordt ingegaan op de gevolgen voor de natuurwaarden en de gebruiksfuncties aan de hand van:

- de beschikbaarheid van habitats en het voorkomen van kenmerkende soorten als graadmeters voor de natuurwaarde van de Oosterschelde; als criteria gelden hierbij het oppervlak en de kwaliteit van de habitats en de aantallen individuen van de kenmerkende soorten;
- de produktiviteit van het systeem en de veranderingen in de voedselbalans; de criteria zijn de primaire produktie en de consumptie door de verschillende groepen herbivoren;
- de draagkracht voor maatschappelijk gebruik, bestaande uit mosselkweek, kokkelvisserij en recreatie. Dit is gerelateerd aan het gebruik van de ruimte en aan de produktiviteit van het systeem; criterium is het behoud van de natuurfuncties.

### 6.1. Habitats

**De natuurwaarden van de habitats zijn voor een belangrijk deel behouden; door areaalverlies van de platen staan de steltlopers onder druk; er is schade op de schorren opgetreden; de waterkwaliteit en het doorzicht zijn verbeterd.**

Vooraf was bekend dat de werken zouden leiden tot verlies van het getijdekarakter van het achter de compartimenteringsdammen gelegen gebied, met inbegrip van de bijbehorende planten en dieren. De overige veranderingen in de Oosterschelde, waarvoor prognoses waren opgesteld, werden acceptabel geacht binnen de doelstellingen van de werken.

Thans kan worden vastgesteld dat er veranderingen zijn opgetreden in ligging, omvang en kwaliteit van een aantal habitats van de Oosterschelde. Per habitattypen worden hiervan de gevolgen nagegaan.

### Slikken en platen

- *Vermindering areaal slikken en platen beperkt ruimte voor steltlopers*

Het habitat slikken en platen is veranderd: het areaal is door de aanleg van de compartimenteringsdammen afgenomen met 5635 ha, in de overgangsfase is het slibgehalte van de bovenste cm's van de bodem van een aantal platen afgenomen; als gevolg van de zandhonger van de geulen neemt door erosie het areaal thans met ca. 30 ha/jaar af; in grote delen van het intergetijdegebied treedt verlaging van de platen op. De verlaging betekent een vermindering van de vrijligduur. Verwacht wordt dat deze ontwikkeling door zal gaan en dat in 2020 het areaal slikken en platen met 15% zal zijn afgenomen. Dit stemt in hoofdlijnen overeen met de oorspronkelijke prognoses.

De vraag is wat deze ontwikkelingen betekenen voor de soorten van dit habitat. Kenmerkende bewoners van de slikken en platen zijn bodemalgen, zeegrassen, bodemdieren en steltlopers. In hoofdstuk 4 is geconstateerd dat de concentratie bodemalgen is toegenomen door de verminderde stroomsnelheden. De zeegrassen vertonen een afnemende areaalgrootte, onder meer gerelateerd aan klimaatomstandigheden, met name stormen. De verspreiding en dichtheid van bodemdieren hebben wel een enig verband met factoren die door de werken zijn beïnvloed, zoals het slibgehalte en de hoogteligging, maar de geconstateerde variatie kan niet alleen door de verandering in het habitat worden verklaard. Dit hangt samen met de grote natuurlijke variatie in aantallen en verspreiding van bodemdieren.

Voor de steltlopers, die voor hun voedsel afhankelijk zijn van de droogvallende slikken en platen, zijn de veranderingen in dit habitat wel al merkbaar. De vrijligduur van fourageergebied voor steltlopers is afgenomen doordat een deel van de platen nu lager ligt en korter droogvalt dan voorheen. Hoewel de bodemdierbiomassa (nog) niet is veranderd, is de beschikbaarheid van voedsel toch afgenomen door de kortere vrijligduur. Door gedragsaanpassingen compenseren de vogels enigszins voor de kortere vrijligduur en is de achteruitgang van de voedselbeschikbaarheid niet recht evenredig met de achteruitgang van areaal. De aanpassingsmogelijkheden zijn echter beperkt omdat de onderlinge verstoring bij hoge dichtheden te groot wordt en het gebied nu waarschijnlijk al

maximale aantallen van veel soorten herbergt, gezien de beperkte opvang van steltlopers uit de gebieden achter de compartimenteringsdammen.

#### Schorren

- *Afname oppervlak en verruiging vegetatie*  
Er is een oppervlakte verlies geconstateerd van 4 ha/jaar van het door de compartimentering al met 1082 ha verminderde schorareaal. De natuurwaarde van het schor bestaat uit de karakteristieke morfologie en de bijbehorende begroeiing. Naast het verlies aan areaal is er tijdens de overgangsfase een versterkte bodemrijping opgetreden verspreid over het hele schor. Dit was niet voorzien. Daardoor zijn veel plaatsen nu gevoelig voor verdroging en verzuring. Deze bodemverandering heeft gevolgen voor de vegetatie: de kans op afsterven is toegenomen, het aantal soorten dat indicatief is voor verstoring stijgt. Toegenomen bodemrijping kan leiden tot verruiging die naar verwachting van blijvende aard zal zijn. Spontane ontwikkeling van nieuw schor doet zich wel voor doch op een veel kleinere schaal dan de afslag. Er moet dus rekening worden gehouden met een voortgaand verlies aan schorareaal.

#### Dijkvlooiingen en binnendijkse gebieden

- *Verlies wiersoorten, verschuiving fauna, compensatie broedvogelgebieden*  
De dijkvlooiingen boven water zijn op een aantal plaatsen veranderd door dijk aanpassingen tijdens de overgangsfase. Het verlies aan habitat ten gevolge van de asfaltering van enkele dijkvlooiingen wordt elders niet goedge maakt, en heeft geleid tot vermindering van de natuurwaarde van de dijkvlooiingen die bestaat uit verschillende wervevegetaties met een karakteristieke zonering en een grote soortenrijkdom. Het harde substraat onder water wordt op een aantal plaatsen met slib bedekt als gevolg van de lagere stroomsnelheden. Deze afname van areaal wordt evenwel gecompenseerd door het ontstaan van nieuw hard substraat in de vorm van beton en stortsteen bij de stormvloedkering en de werkeilanden. De levensgemeenschap van het harde substraat vertoont fluctuaties in soortensamenstelling en biomassa, en bevindt zich in een aanpassingsfase aan de veranderde hydrodynamische omstandigheden. De natuurwaarde is lokaal veranderd met verlies aan soorten op de ene lokatie en vestiging van andere soorten op andere plaatsen. De kwaliteit is niet wezenlijk verminderd.

De tijdelijke aanwezigheid van kale zandige terreinen, zoals op de werkeilanden tijdens de bouw, heeft een gunstig effect gehad op de broedvogelstand. Dit is doorgaans van tijdelijke

aard, aangezien deze habitats na de werken veelal van bestemming veranderen. Areaal verlies van inlagen en karrevelden als gevolg van partiële dijkversterkingen zijn gecompenseerd door uitbreidingen elders. De compensatie is voor een deel langs de Noord-Bevelandse kust gerealiseerd, hetgeen heeft geresulteerd in een netto verschuiving van zoute naar zoete inlagen.

#### Geulen en ondiep water

- *Verbetering van waterkwaliteit en doorzicht*  
Belangrijke veranderingen in de waterfase zijn de toegenomen helderheid en de verminderde zoetwatertoevoer, waardoor het zoutgehalte nu relatief hoog is -zelfs iets hoger dan in de Voordelta- en de verontreiniging met toxische stoffen zeer laag. De toegenomen helderheid geldt vooral voor de diepere delen, want in ondiepe zones leidt de golfwerking tot opwerping van materiaal en troebeling. Het open water is door de toegenomen helderheid voor visetende vogels meer geschikt geworden, zoals blijkt uit de toename van enkele eendachtigen. Ook de zigtjagers onder de vissen hebben meer kansen; er zijn echter geen aanwijzingen dat de visstand is veranderd. De soortensamenstelling van het fytoplankton heeft zich aangepast aan de nieuwe licht- en stromingsomstandigheden.

#### Toekomstverwachtingen

Het voortgaande verlies aan plaatareaal zal leiden tot achteruitgang van de aantallen steltlopers. Ook is niet uit te sluiten dat een verdergaande verlaging van de platen invloed heeft op de bodemdierengemeenschap. Op de schorren is er blijvende schade ontstaan op een aantal lokaties, en zal er een geleidelijk oppervlakteverlies optreden. De levensgemeenschappen van de dijkvlooiingen zijn voor een deel verdwenen; gebruik van geschikt materiaal kan in de toekomst tot herstel leiden. De begroeiing van het harde substraat vertoont aanpassingen aan de veranderde stroomsnelheden, voornamelijk resulterend in een verlaging van de biomassa en een verschuiving van de soorten. De veranderingen in de waterfase hebben geleid tot verschuivingen in dichtheid van enkele fytoplankton en vogel soorten; naar verwachting zal dit niet sterk meer veranderen.

Er zijn geen aanwijzingen dat de soortenrijkdom van de Oosterschelde over het geheel is gedaald of zal gaan dalen, noch dat karakteristieke soorten duidelijk in talrijkheid zullen afnemen. Op een aantal punten worden maatregelen aanbevolen om schade tegen te gaan; dit komt in hoofdstuk 7 aan de orde.

## 6.2. Produktiviteit

**De produktiviteit is niet sterk veranderd; de structuur is aangepast, de processen zijn ongeveer hetzelfde gebleven.**

De produktiviteit van een ecosysteem geeft aan hoeveel voedsel er wordt geproduceerd per eenheid plantaardig materiaal ten behoeve van de planteneters (herbivoren) en de dieren die hiervan leven, zoals vogels en vissen (de hogere trofie niveau's). Dit is van belang omdat de hoge produktiviteit één van de belangrijkste kenmerken is van ondiepe getijdesystemen: de gouden randen van de zee ontlenen hun faam aan de voedselrijkdom. Vandaar de vraag: in hoeverre is de produktiviteit van de Oosterschelde behouden gebleven en hoe wordt hiervan gebruik gemaakt door de verschillende groepen herbivoren?

De produktiviteit is afhankelijk van de primaire produktie door fytoplankton, bodemalgen en zeegrassen, de opname van het geproduceerde materiaal door de herbivoren en de vorming van biomassa van herbivoren, die als voedsel dient voor onder meer vogels en vissen. Hierbij is sprake van terugkoppelingen die een zelfregulerende werking in het systeem hebben: de primaire produktie beïnvloedt de vorming van biomassa van de herbivoren, doch de consumptie (begrazing) door de herbivoren heeft ook invloed op de primaire produktie, doordat de consumptie leidt tot de versnelde teruglevering van nutriënten: zie het intermezzo 'de rol van de mossel in de voedselkringloop'.

Deze kringloop wordt beschreven aan de hand van de voedselbalans, waarin wordt weergegeven hoe het geproduceerde voedsel (de primaire produktie) wordt verdeeld over de verschillende herbivore consumenten. Daarbij is de voedselketen sterk vereenvoudigd en beperkt tot de kwantitatief belangrijkste onderdelen: primaire produktie van fytoplankton, consumptie door zoöplankton en suspensie-etende bodemdieren (vnl. mosselen en kokkels), en groei van zoöplankton, mosselen en kokkels.

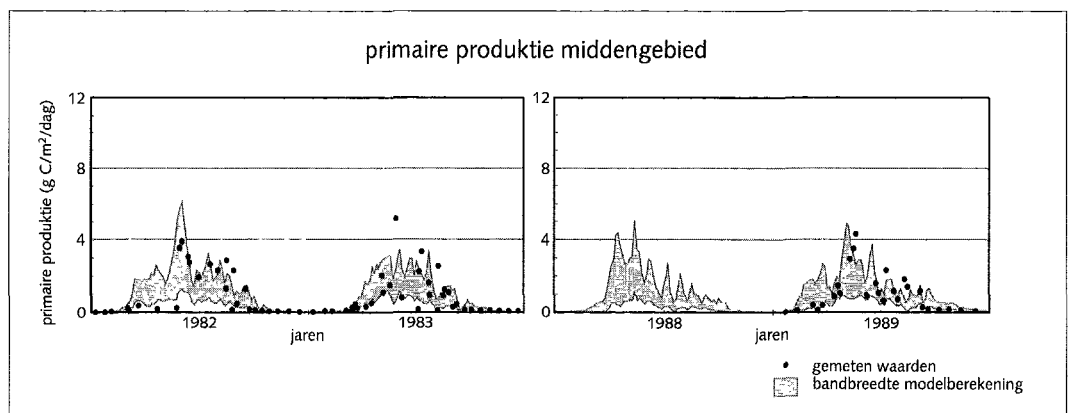
Voedsel wordt in de balans weergegeven als koolstof, omdat dit het meest elementaire bestanddeel is van zowel de producenten als de consumenten. Veranderingen in de produktiviteit als gevolg van de werken kunnen worden afgelezen uit de voedselbalans van de oorspronkelijke en de nieuwe situatie. De balans wordt uitgerekend voor de jaren 1982/83 en 1988/89 met behulp van het model SMOES. Hiermee kan de voedselbalans per dag worden berekend zodat de ontwikkelingen in de tijd zijn te volgen; verder kan de invloed van externe factoren onderscheiden worden van de invloed die -in dit geval- voortvloeit uit de waterbouwkundige werken. Ook kunnen de consequenties van verschillende maatregelen worden gesimuleerd. De uitkomsten worden weergegeven in de vorm van bandbreedtes waarbinnen het merendeel van de modeluitkomsten past, zodat verschillen tussen de simulaties duidelijk zijn te onderscheiden: zie het intermezzo 'hoe werkt SMOES?'. Alvorens op de voedselbalans als geheel in te gaan worden de belangrijkste elementen in het voedselmodel besproken.

### Primaire produktie

- *de primaire produktie is over het geheel genomen gelijk gebleven door aanpassingen in de fytoplankton soortensamenstelling*

Gemiddeld voor de hele Oosterschelde was de primaire produktie volgens het model in de oorspronkelijke situatie 185 gC/m<sup>2</sup>/jaar met een bandbreedte van 147 tot 236 gC/m<sup>2</sup>/jaar, en in de nieuwe situatie 195 gC/m<sup>2</sup>/jaar met een bandbreedte van 164 tot 243 gC/m<sup>2</sup>/jaar. Per compartiment zijn er grote verschillen: in de monding geeft het model een afname van de primaire produktie te zien met 27% en in het middengebied met 9%. In de kom is er een toename met 28%. In de noordelijke tak is er een toename. Figuur 6.1 toont de oorspronkelijke en de nieuwe situatie inclusief de meetgegevens voor het middengebied, waaruit blijkt dat het model en de gemeten waarden in

figuur 6.1.  
Verloop van de primaire produktie in het middengebied volgens SMOES en de gemeten waarden in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.



# De rol van de mossel in de voedselkringloop

Mosselen filteren niet alleen veel fytoplankton en dood organisch materiaal, ze spelen ook een belangrijke rol in het weer vrij maken van de nutriënten die van belang zijn voor de groei van het plankton. Dit is in de Oosterschelde onderzocht door op mosselpercelen metingen uit te voeren.

Er was al veel bekend van de activiteit (filtratie, vertering, excretie van ammonia en fosfaat) van de mossel en de kokkel onder laboratorium omstandigheden. De vraag was of deze met de veldsituatie overeen komen.

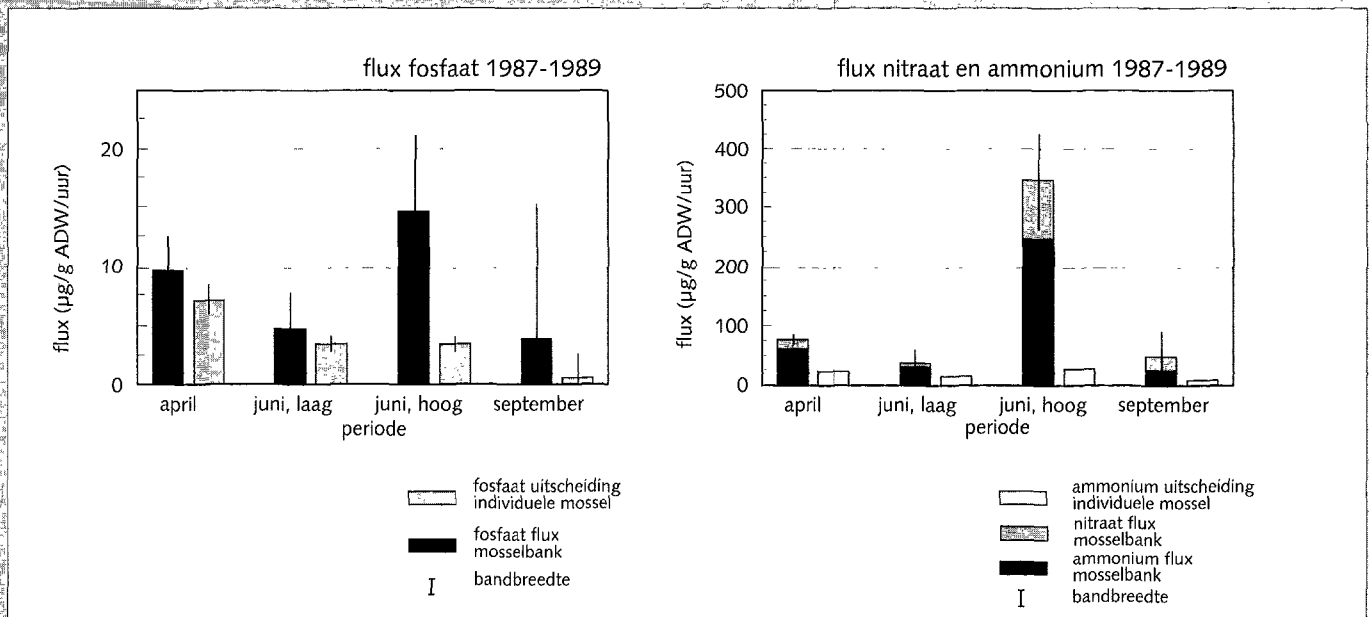
Er zijn daarom metingen uitgevoerd op mosselbanken in de Oosterschelde. Er is gebruik gemaakt van een opstelling bestaande uit een 10 meter lange 'benthic ecosystem tunnel' (BEST), die over een mosselbank wordt geplaatst tijdens de laagwaterperiode, in de stroomrichting zodat met opkomend water het water door de tunnel stroomt. Zodra de tunnel onderloopt worden er elk half uur monsters genomen van het in- en uitstromende water. Tevens worden stroomsnelheid en richting continu geregistreerd zodat bekend is hoeveel water er door de tunnel stroomt. Op grond hiervan en het verschil in concentratie van de stoffen die in de in- en uitstroommonsters zijn gemeten, wordt de hoeveelheid opgenomen of afgegeven materiaal berekend (figuur 1).

Na afloop van de meting worden monsters van de mosselen genomen. Aan de mosselen zijn in het veldstation van DGW de opname en afgifte van materiaal door de individuele mosselen

gemeten. Deze gegevens zijn vergeleken met de resultaten van de veldmetingen. Gebleken is dat de opname van plankton en detritus door de mosselen ongeveer gelijk is in het laboratorium en in het veld. De afgifte van opgeloste nutriënten is op een mosselbank evenwel veel hoger dan de in het laboratorium gemeten excretie van de afzonderlijke mosselen (figuur 2). Een mosselbank in zijn geheel is een veel grotere bron van nutriënten is dan de mosselen alleen. Dit komt door de afbraak van de door de mossels geproduceerde faeces en pseudofaeces. Dit is te beschouwen als 'aktief slib' en het speelt een belangrijke rol bij de nutriëntenafgifte op de mosselbank. De mosselen nemen zelf slechts een gering deel van het afgefilterde materiaal op voor hun groei. Op grond hiervan is uitgerekend wat dit betekent voor de hele Oosterschelde.

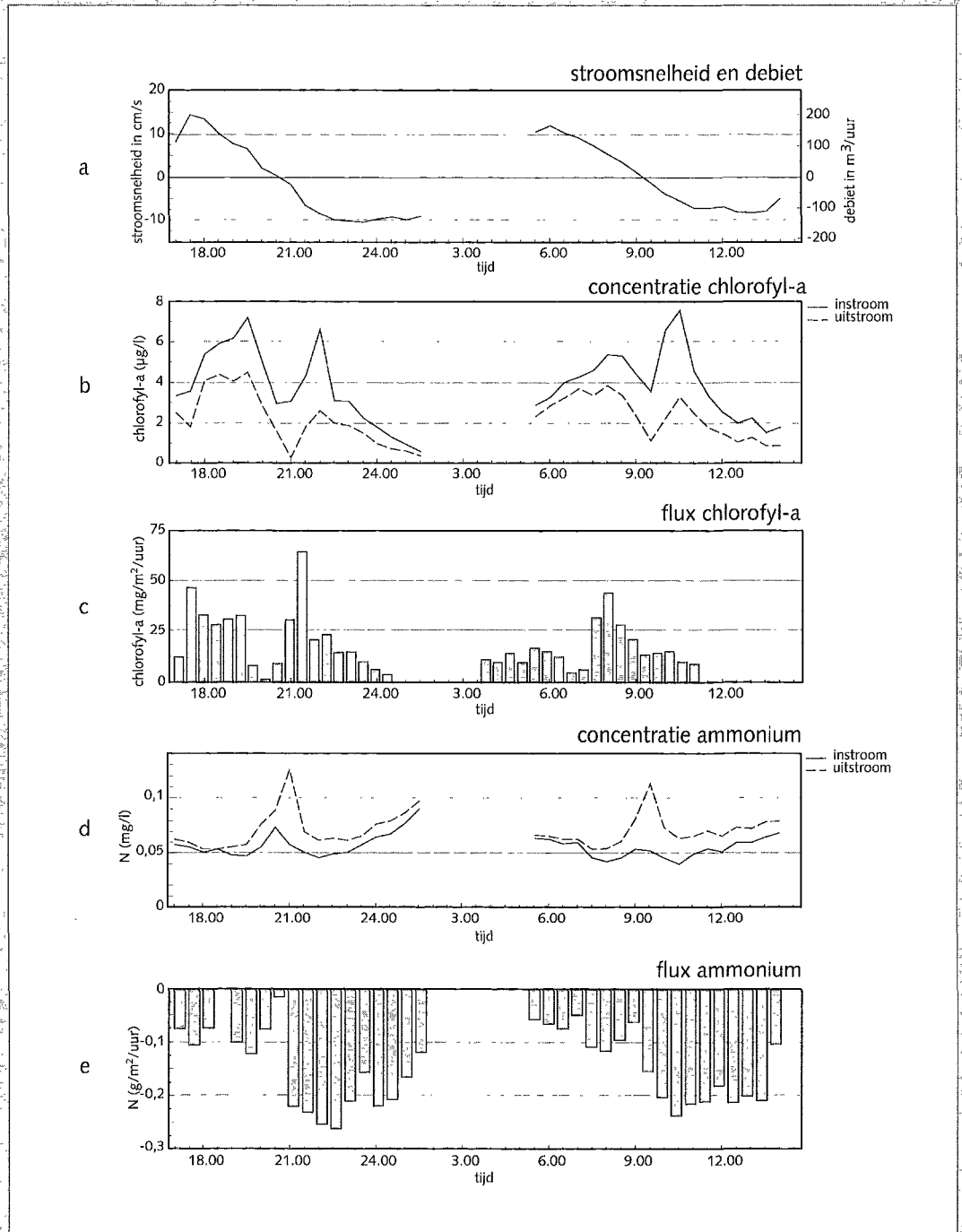
De teruglevering van nutriënten door de mosselen in monding en middengebied van de Oosterschelde is berekend en vergeleken met de verversing van het water in die gebieden. Dan blijkt dat de regeneratie van met name stikstof op bepaalde momenten van het jaar sneller verloopt dan de uitwisseling met andere gebieden. De mosselen spelen derhalve een belangrijke rol in het weer beschikbaar komen van stikstof, met name op momenten van schaarste. De teruglevering van silicaat verloopt minder snel dan van stikstof; de fosfaat productie in de tunnel is hoog, doch fosfaat is

figuur 2  
De afgifte van fosfaat en stikstof door individuele mosselen en door een intacte mosselbank bij een aantal tunnel- en laboratorium metingen. In juni is er gemeten bij een laag en een hoog fytoplanktongehalte.





figuur 1. Overzicht van enkele resultaten van een tunnelmeting:  
 a het verloop van de stroomsnelheid en het debiet in de tunnel;  
 b de chlorofylconcentratie in het in- en uitstromende water: er vindt voortdurend opname van chlorofyl plaats;  
 c de chlorofyl ophame snelheid per m<sup>2</sup> in de tunnel;  
 d de stikstofconcentratie in het in- en uitstromende water;  
 e de stikstof afgifte snelheid per m<sup>2</sup> in de tunnel.



niet een beperkende nutriënt in de Oosterschelde. De bijdrage van de mosselen is vergeleken met de totale mineralisatie zoals die door SMOES wordt uitgerekend. Dan blijkt dat de nutriëntenregeneratie door de mosselen op sommige momenten even hoog uitkomt als de totale mineralisatie. Dit leidt tot de conclusie dat de nutriënten productie door mosselbanken in de Oosterschelde van betekenis is voor het beschikbaar komen van nutriënten voor de

primaire produktie. Dus enerzijds filteren de mosselen grote hoeveelheden plankton en anderzijds is er een snelle regeneratie van nutriënten waar het overige plankton gebruik kan maken. De mosselen verhogen op deze manier de turnover van het plankton. Het reducerende effect van de mosselen op het fytoplankton en de primaire produktie is daardoor minder groot dan op grond van alleen de filtratie kan worden verwacht.

# Hoe werkt het Simulatie Model Oosterschelde EcoSysteem (SMOES)?

Het model SMOES is ontwikkeld om (i) een kwantitatieve beschrijving van het ecosysteem te geven en (ii) de effecten van de werken op het ecosysteem kwantitatief te voorspellen, waarbij door middel van bandbreedtes ook de onzekerheidsmarge in de voorspellingen is aan te geven.

## Ecologische schematisatie

Kennis van een ecosysteem is in de eerste plaats kennis van de onderlinge relaties van de componenten en de relaties met de omgeving. Meest kenmerkende relatie van de onderscheiden groepen in een ecosysteem is het eten en gegeten worden. Deze relatie leent zich goed voor kwantificering omdat het eten en gegeten worden niets anders is dan het omzetten van koolstof en nutriënten van de ene naar de andere groep, met inbegrip van de verliezen die daarbij optreden. Omdat het niet mogelijk en ook niet zinvol is om van alle levende planten, dieren en micro-organismen van een ecosysteem als van de Oosterschelde deze onderlinge relaties te formuleren is een vereenvoudiging aangebracht. Als vuistregel is gehanteerd dat elke groep ten minste vijf procent aan de totale koolstofproductie of -consumptie bijdraagt. Dit impliceert dat de belangrijkste primaire producenten en herbivoren in de beschrijving zijn opgenomen, terwijl onder meer zee gras en hogere trofie nivo's (vissen, vogels e.d.) niet zijn opgenomen. De kwantitatieve bijdrage van deze groepen aan

de koolstofproductie is daarvoor te gering, wat niet wil zeggen dat deze groepen niet van belang zijn in het systeem.

De vereenvoudiging van een ecosysteem tot een koolstofstroom is een eerste stap in de bouw van een model van het systeem. Een volgende stap is het vaststellen van de grootte van de onderdelen, de grootte van de koolstofstromen en de factoren die hierop van invloed zijn.

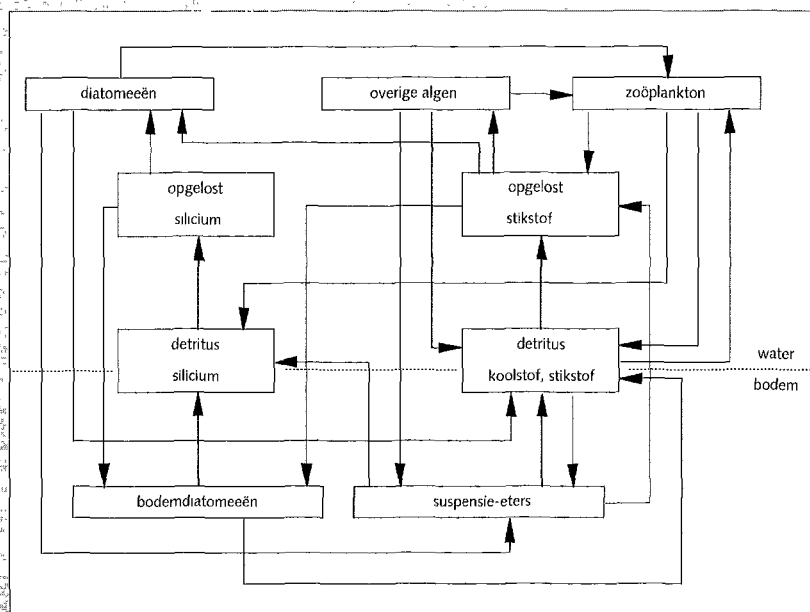
In het model SMOES worden zes hoofdgroepen onderscheiden nl. fytoplankton, bodemalgen, zoöplankton, suspensie-eters, sedimenteters en detritus (dood organisch materiaal).

De omvang van een groep wordt gekwantificeerd in de hoeveelheid koolstof per vierkante meter die op een zeker tijdstip aanwezig is. De relaties tussen de verschillende groepen worden vastgelegd in procesformuleringen die afhankelijk zijn van externe omstandigheden (klimaat, transport, beschikbaarheid nutriënten, e.d.). Hiermee kan in principe voor ieder willekeurig tijdstip de biomassa van de verschillende groepen berekend worden.

In tegenstelling tot de overige groepen wordt de biomassa van suspensie-eters en sedimenteters niet uitgerekend door het model; deze waarden worden opgelegd als biomassa curve. De biomassa curve wordt ontleend aan zoveel mogelijk veldgegevens die zijn verzameld en die worden bewerkt tot jaarcurves, indien mogelijk voor de afzonderlijke jaren waarmee in het model wordt gewerkt. De reden hiervoor is dat de biomassa van de suspensie-eters sterk wordt beïnvloed door de activiteiten van de mens (mosselcultuur, kokkelvisserij), terwijl de processen die de biomassa van de sedimenteters bepalen te complex zijn voor dit model.

Naast de omzettingen van koolstof worden de concentraties van de nutriënten stikstof en silicium beschreven. Opname van nutriënten vindt plaats door de primaire producenten. Via ademhaling en uitscheiding komen nutriënten en koolstof weer vrij; bacteriële afbraak (mineralisatie) van detritus geeft eveneens omzetting van organisch materiaal tot opgeloste nutriënten en koolstof. Denitrificatie leidt tot de omzetting van opgelost stikstof (nitraat) tot gasvormig stikstof dat naar de atmosfeer verdwijnt. Een schema van het model is weergegeven in figuur 1.

figuur 1  
Schema van de componenten in het model en de onderlinge relaties



### Ruimtelijke schematisatie

In de Oosterschelde worden t.b.v. het model vier compartimenten onderscheiden: monding, middengebied, kom en noordelijke tak. Dit is gebaseerd op de hydrodynamische karakteristieken van de verschillende compartimenten. Het transport van opgelost en particulier materiaal (bv. slib) tussen de compartimenten en over de grenzen van de Oosterschelde (kustgebied Noordzee en Krammer-Volkerak) wordt berekend afhankelijk van de hydrodynamische karakteristieken van de compartimenten. Bij deze berekeningen wordt uitgegaan van een getijgemiddelde situatie.

### Calibratie en bandbreedte

Bij de calibratie (ijking) van een model wordt nagegaan in hoeverre de resultaten van het model overeen komen met de werkelijkheid. Daartoe worden de uitkomsten van het model vergeleken met de gemeten waarden van de variabelen over een bepaalde periode. Op grond hiervan wordt de onzekerheid die in de modeluitkomsten zit in overeenstemming gebracht met de variatie in de gemeten waarden; veelal wordt de model onzekerheid zo verkleind.

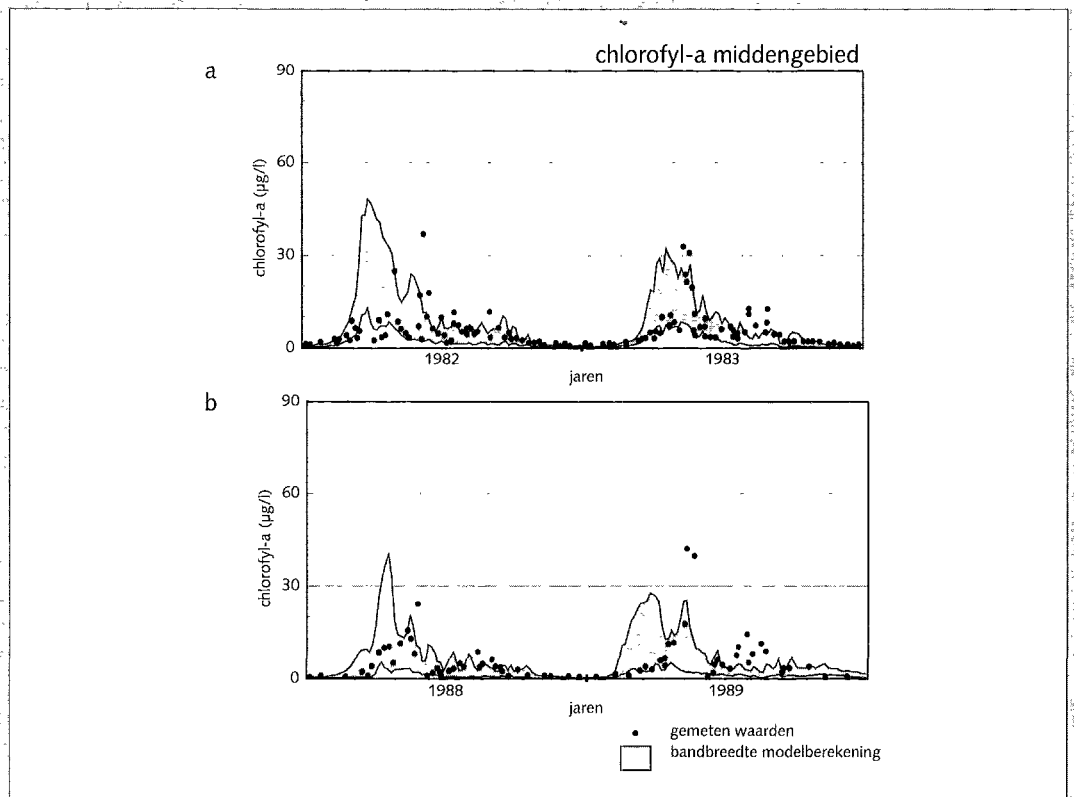
In SMOES wordt de calibratie uitgevoerd door middel van een groot aantal modelberekeningen waarbij voor de waarden van de 20 belangrijkste variabelen een bepaalde spreiding wordt opgegeven. Het model kiest hieruit willekeurig een bepaalde combinatie en voert

daarmee de berekeningen uit. Het resultaat is niet één modeluitkomst maar een hele serie. Door dit te vergelijken met de gemeten waarden kunnen vervolgens een aantal combinaties als minder waarschijnlijk uit de calibratie worden geschrapt, waardoor de spreiding in de variabelen steeds dichter in de buurt van de gemeten waarden komt.

Het unieke van de toepassing van SMOES is dat de calibratie kon worden uitgevoerd voor twee verschillende perioden: de oorspronkelijke situatie (1982-1983) en de nieuwe situatie (1988-1989). Beide calibraties resulteren in een set van 500 verschillende combinaties van parameterwaarden. Elke combinatie geeft een andere uitkomst van het model. De 500 combinaties geven dus een bandbreedte in uitkomsten van het model, waarbij de minimum en maximum waarden de randen van de band vormen. Bij de calibraties is getracht de bandbreedten van de uitkomsten zoveel mogelijk overeen te laten komen met de variatie in de gemeten waarden.

Dit wordt geïllustreerd in figuur 2a voor fytoplankton, waar de bandbreedte de ligging aangeeft van de 500 uitkomsten van de calibratie in de oorspronkelijke situatie, en de punten de gemeten waarden. Figuur 2b laat de resultaten zien voor de nieuwe situatie. De calibratie van de oorspronkelijke situatie heeft een ander gecalibreerd model opgeleverd dan de calibratie van de nieuwe situatie.

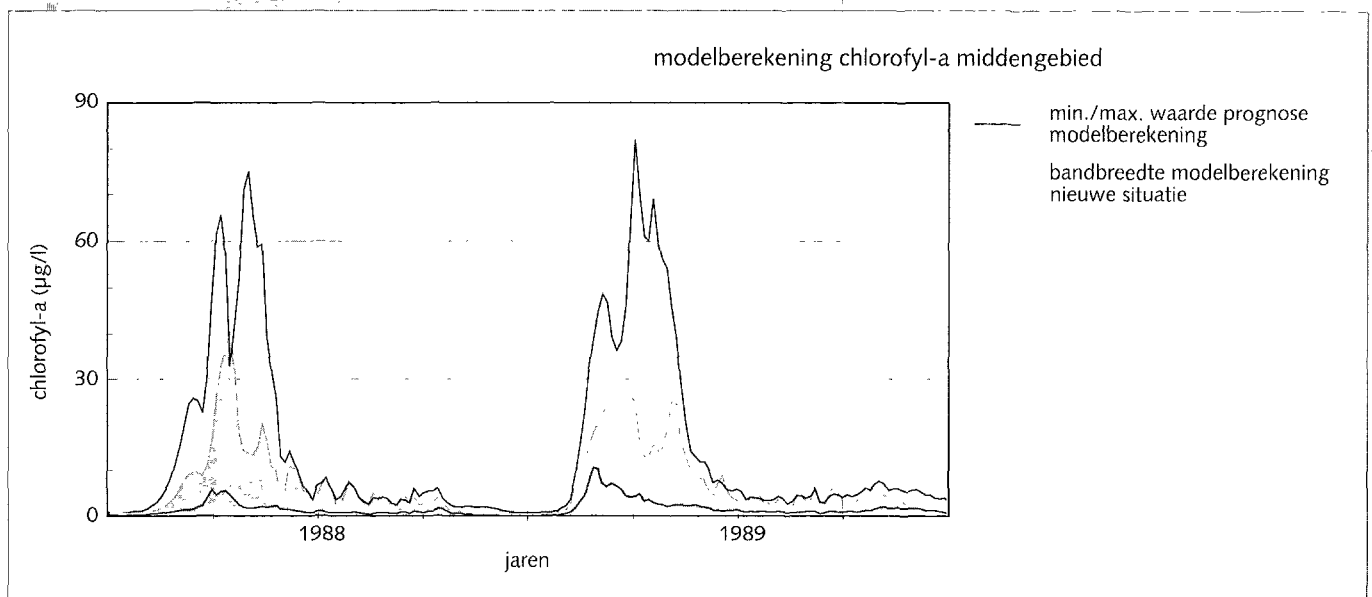
figuur 2  
Gemeten en gesimuleerde chlorofyl concentratie in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie



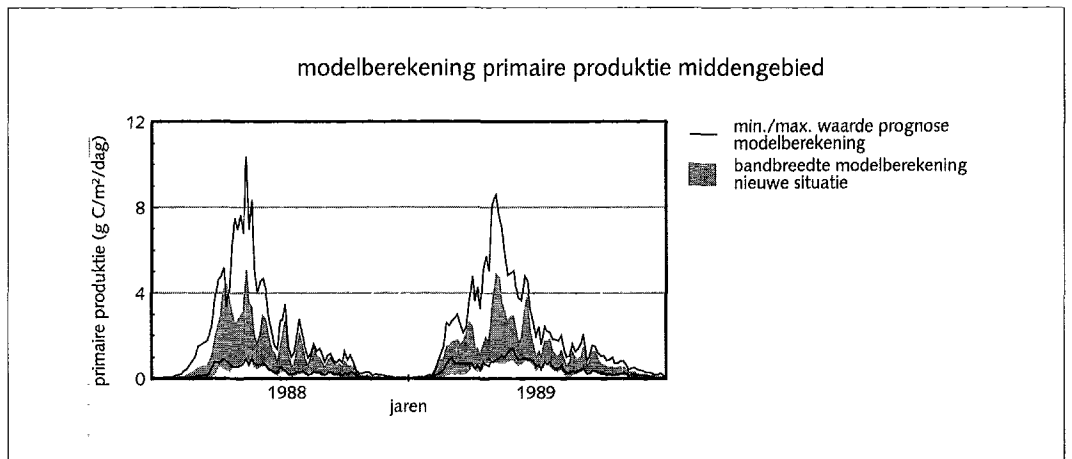
# Toepassingen van SMOES voor de evaluatie

Een zuivere schatting van de effecten van de werken op basis van een vergelijking tussen oorspronkelijke en nieuwe situatie wordt gehinderd door verschillen in externe factoren zoals de klimatologische omstandigheden tussen de beide situaties. Dit probleem kan worden omzeild door gebruik te maken van de beide gecalibreerde modelversies, van de oorspronkelijke en de nieuwe situatie, en hiermee beide situaties door te rekenen (te simuleren) onder dezelfde externe omstandigheden. Wanneer het ecosysteem niet wezenlijk veranderd is onder invloed van de Oosterscheldewerken, d.w.z. wanneer de eigenschappen van de onderdelen van het systeem niet zijn veranderd, zullen de modeluitkomsten niet veel verschillen. Indien het ecosysteem wel veranderd is zullen de simulaties wel verschillen. Als voorbeeld is het chlorofylgehalte uitgerekend met behulp van het model dat voor de oorspronkelijke situatie is gecalibreerd ('het oorspronkelijke model'), onder de omstandigheden van de nieuwe situatie. Dit is vergeleken met simulaties met het model, gecalibreerd voor de nieuwe situatie ('het nieuwe model').

In de nieuwe situatie geeft de uitkomst met het oorspronkelijke model (dit noemen we de prognose) een duidelijke toename van het chlorofylgehalte te zien. Deze toename is veel groter dan de uitkomst van simulaties met het nieuwe model: zie figuur 1. Dit verschil in modeluitkomsten wijst op veranderingen in het ecosysteem. De verklaring kan worden gezocht in de gewijzigde soortensamenstelling van het fytoplankton. Hiermee kon in het oorspronkelijke model geen rekening worden gehouden. De soorten die in de nieuwe situatie in voor- en najaar voorkomen in de Oosterschelde vertonen een minder grote productie en een minder hoge concentratie dan was berekend voor de oorspronkelijke voorjaarssoorten onder de nieuwe omstandigheden. De calibratie van het model met de gegevens van de nieuwe situatie heeft klaarblijkelijk geleid tot een selectie van andere parameter waarden dan de calibratie van de oorspronkelijke situatie.



figuur 6.2.  
Prognose van de primaire  
productie in het midden-  
gebied vergeleken met de  
modelberekening voor de  
nieuwe situatie.



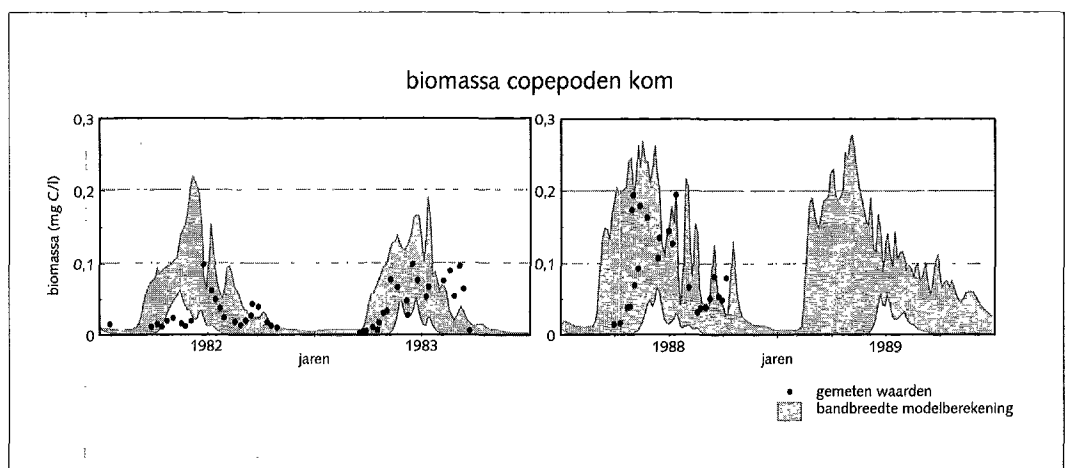
dat gebied goed overeenkomen. Bij het vergelijken van de gemeten waarden en de modeluitkomsten moet vooral op de bandbreedte worden gelet, omdat deze de onzekerheden in zowel gemeten waarden als modeluitkomsten weergeven. Opgemerkt wordt dat met het model de kombergingsproductie wordt berekend; deze komt lager uit dan de gemeten waarden zoals in hoofdstuk 4.1 weergegeven. De oorspronkelijke prognose op grond van het model, opgesteld in 1986, was dat de primaire productie zou toenemen als gevolg van het toegenomen doorzicht (figuur 6.2): zie het intermezzo 'toepassingen van SMOES voor de evaluatie'. Dit treedt niet op, hetgeen wordt toegeschreven aan structuurveranderingen in het fytoplankton. Het plankton wordt nu ten dele gedomineerd door andere soorten dan voorheen; deze soorten zijn aangepast aan de nieuwe omstandigheden en vertonen een primaire productie op hetzelfde niveau als de oorspronkelijke soorten. De lagere nutriëntenconcentraties zijn in de nieuwe situatie wel beperkend voor het fytoplankton, doch deze vormen niet de oorzaak van de structuurverandering. Deze moet worden gezocht in de veranderingen in lichtklimaat en turbulentie (zie hoofdstuk 4.1).

**Zoöplankton biomassa en consumptie**

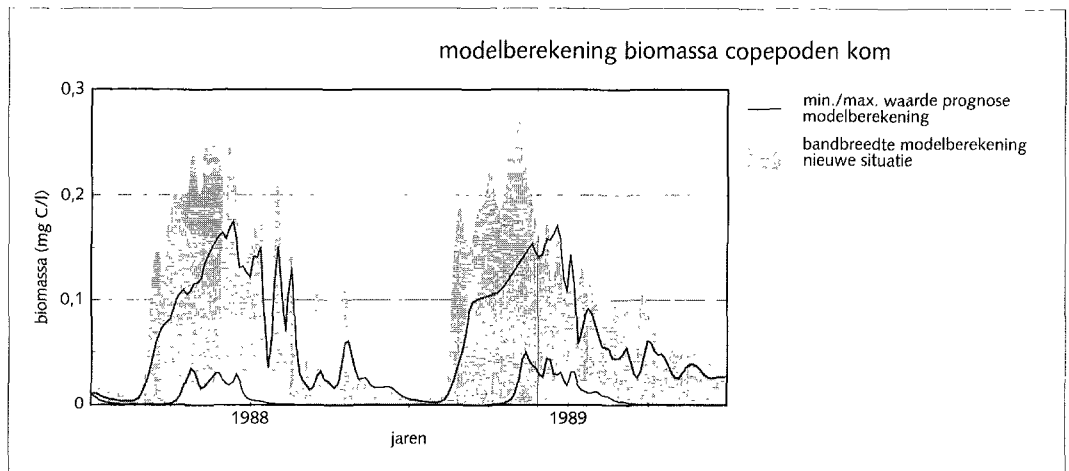
• *Het zoöplankton is belangrijker geworden*  
De zoöplankton biomassa was in de oorspronkelijke situatie volgens het model gemiddeld 0,3 gC/m<sup>2</sup> (bandbreedte 0,2 - 0,4) voor de hele Oosterschelde. In de nieuwe situatie is dit 0,5 gC/m<sup>2</sup> (bandbreedte 0,4 - 0,6), een duidelijke toename dus. In figuur 6.3 worden de modelresultaten vergeleken met de gemeten waarden voor de kom, waaruit een goede overeenkomst tussen model en metingen naar voren komt.

Met het oorspronkelijke model was in 1986 een toename voorspeld, in samenhang met een betere voedselkwaliteit: het aandeel algen ten opzicht van het aandeel anorganisch slib zou groter worden. De toename is zelfs groter dan was voorspeld (figuur 6.4). Dit kan mogelijk worden verklaard door de lagere biomassa van de andere suspensie-eters in de nieuwe situatie, waardoor het zoöplankton minder concurrentie om voedsel kan hebben ondervonden. De zoöplankton toename als gevolg van de betere voedselkwaliteit kan als een permanente verandering worden beschouwd; de draagkracht voor het zoöplankton is toegenomen. Voorzover de toename voortvloeit uit een geringere voedselconcurrentie wordt deze naar verwach-

figuur 6.3.  
Verloop van de zoöplankton-  
biomassa in de kom volgens  
SMOES en de gemeten  
waarden in de oorspronke-  
lijke en de nieuwe situatie.



figuur 6.4.  
Prognose van de zoöplankton biomassa in de kom vergeleken met de modelberekening van de nieuwe situatie.

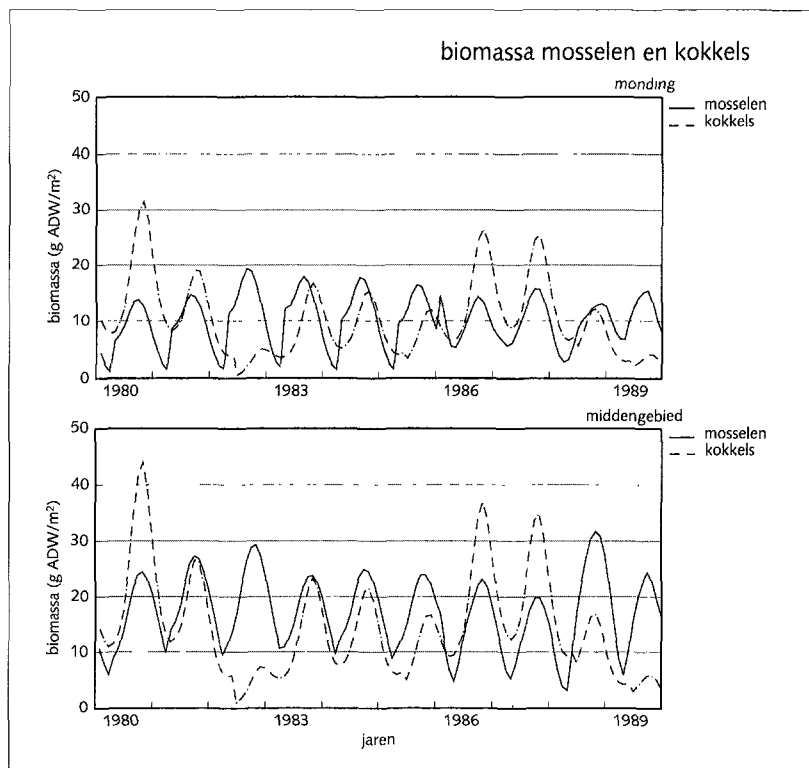


ting teniet gedaan zodra er weer meer mosselen en kokkels aanwezig zijn. De hogere biomassa van het zoöplankton correspondeert met een hogere consumptie. Het zoöplankton consumeert nu 24% (bandbreedte 12 - 40%) van de bruto primaire productie tegen 19% (bandbreedte 10 - 36%) in de oorspronkelijke situatie. De filtratie druk van het zoöplankton (dat deel van de primaire productie dat door zoöplankton wordt geconsumeerd) is dus toegenomen.

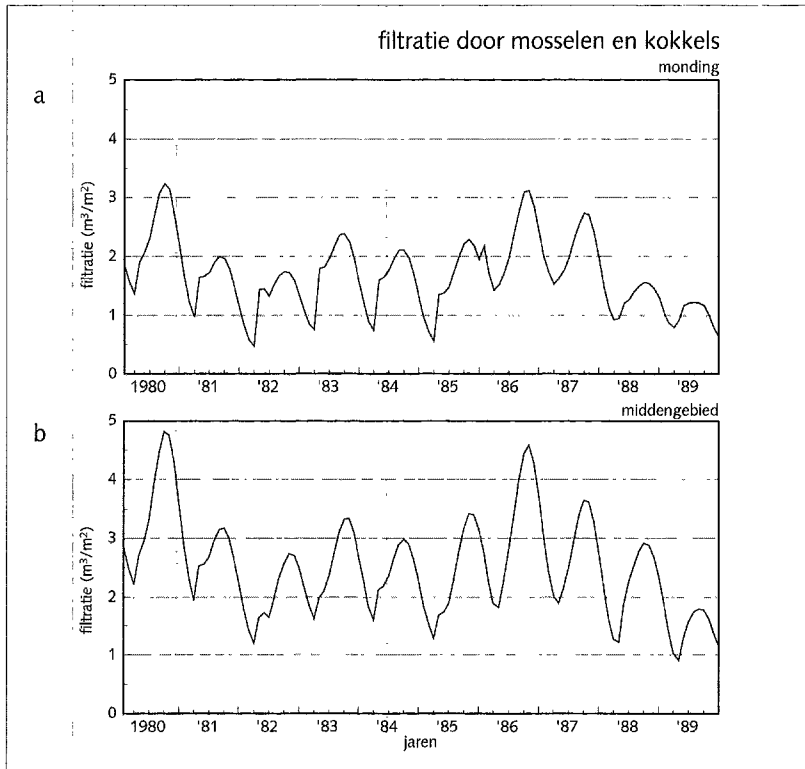
**Filtratie en consumptie door suspensie-etende bodemdieren**

- mosselen en kokkels filtreren de Oosterschelde elke 3-12 dagen
- Het biomassa verloop van mosselen en kokkels in de monding en het middengebied over de

figuur 6.5.  
Verloop van de biomassa van mosselen en kokkels in de monding en het middengebied.

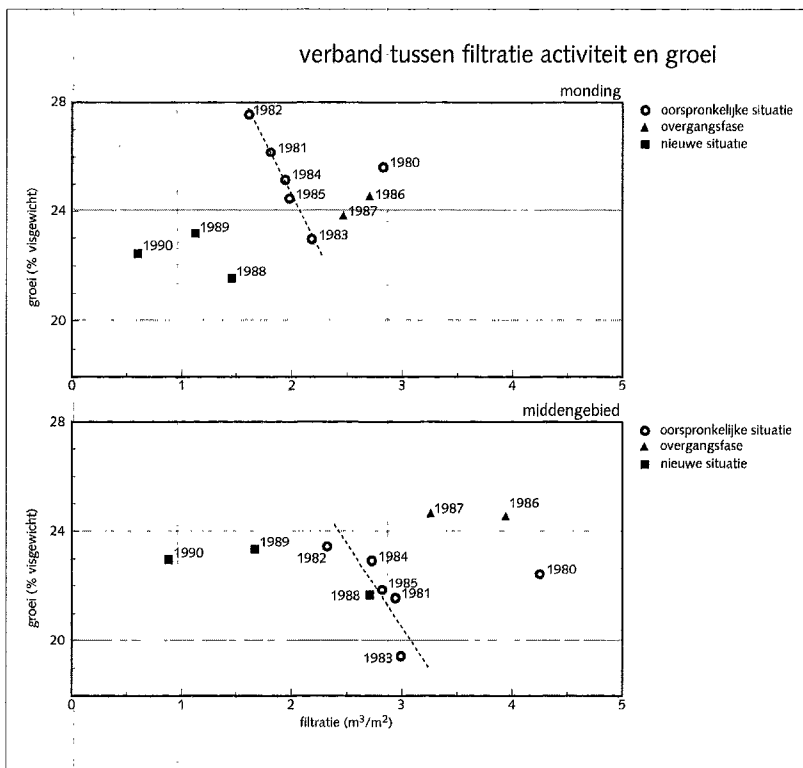


periode 1980 - 1990 is weergegeven in figuur 6.5. Dit verloop is uitgerekend aan de hand van veldgegevens over de biomassa (zie figuur 4.17 en 5.2) en gegevens over groei, sterfte en broedval, en wordt in het model als invoergegevens gebruikt. In de 'model' jaren 1982/83 en 1988/89 is als biomassa van de suspensie-etters gehanteerd respectievelijk 15,4 gC/m<sup>2</sup> (bandbreedte 14-17) en 13,8 gC/m<sup>2</sup> (bandbreedte 12-16). De suspensie-etters bestaan voor het grootste deel uit kokkels en mosselen, en verder uit suspensie-etters van het harde substraat zoals zakpijpen, oesters, slippers en sponzen. Het aandeel van deze groep in de consumptie van fytoplankton is gering en wordt hier niet verder besproken. In het model wordt er wel rekening mee gehouden. De lagere biomassa in de nieuwe situatie is het gevolg van een afname met 22% van de hoeveelheid mosselen. Opgemerkt wordt dat in de jaren 1982 en 1983 (die in het model zijn gebruikt voor de oorspronkelijke situatie) de kokkelbiomassa relatief laag was: figuur 6.5. Mosselen en kokkels nemen voedsel op uit het water door materiaal te filtreren waarbij de kieuwen als zeef worden gebruikt. Daarbij wordt niet of slecht eetbaar materiaal wel afgefilterd doch direct weer uit de schelp verwijderd in de vorm van zogeheten pseudofaeces. Via selectie van gefiltreerd materiaal zijn de dieren in staat uit de veelheid aan deeltjes de eetbare brokken te consumeren, dit betreft voornamelijk fytoplankton. Er is dus filtratie van al het aanwezige zwevende materiaal en consumptie van voornamelijk fytoplankton. Op grond van de biomassa van kokkels en mosselen is een berekening gemaakt van de totale filtratie activiteit van mosselen, kokkels en beide groepen samen. Uit figuur 6.6a blijkt dat er per m<sup>2</sup> per dag uit de waterkolom in de monding in totaal 1 tot 2 m<sup>3</sup> wordt gefiltreerd, met maxima tot ruim 3 m<sup>3</sup>. Ten opzichte van de gemiddelde diepte (12,2 m) betekent dit dat het



figuur 6.6. Verloop van de filtratie activiteit van mosselen en kokkels samen in monding en middengebied

figuur 6.7. Het verband tussen de filtratie activiteit van mosselen en kokkels samen in de periode juni-november, en de groei van de mosselen (uitgedrukt als het visgewicht van de geleverde mosselen in het najaar) in de verschillende jaren.



totale volume bij complete menging elke 4 tot 12 dagen geheel wordt gefiltreerd. Voor het middengebied zijn deze bedragen hoger omdat de filtratie activiteit groter is en de gemiddelde diepte geringer, nl 10,4 m (figuur 6.6b). In de nieuwe situatie is de filtratie wat lager dan in de oorspronkelijke situatie omdat de biomassa wat lager ligt.

De consumptie van fytoplankton door het totaal aan mosselen en kokkels is in de nieuwe situatie eveneens afgenomen; de filtratiedruk bedraagt nu 24% (bandbreedte 16 - 37%) van de bruto primaire productie tegen 33% (bandbreedte 22 - 51%) in de oorspronkelijke situatie.

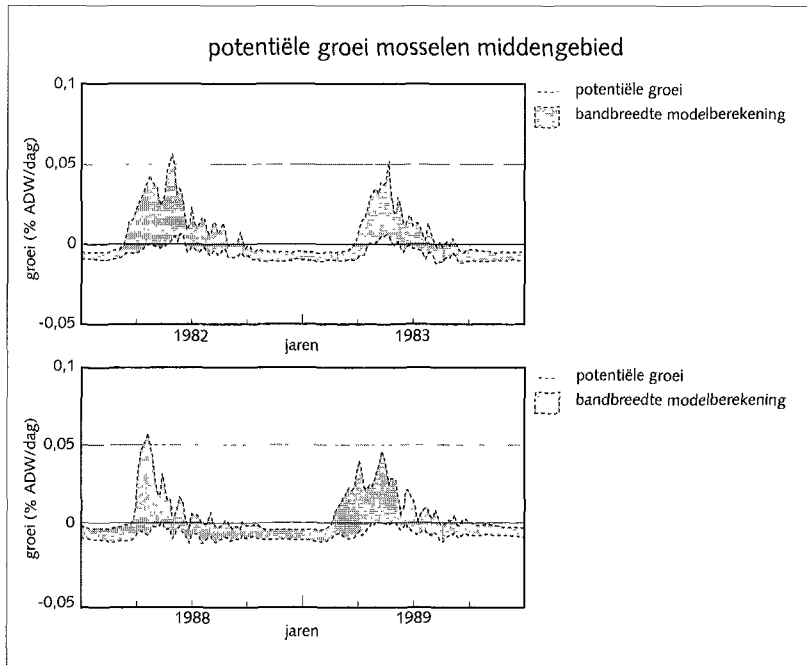
**Biomassa van mosselen en kokkels en groei van mosselen**

- *Groei van mosselen is lager bij een hoge biomassa van suspensie-eters*

De biomassa van kokkels en mosselen heeft direct invloed op de voedselbalans via filtratie en consumptie. Een hoge biomassa leidt tot een hoge filtratie en graasdruk. Nagegaan is voor de mosselen wat hiervan de effecten zijn voor de groei, door de gemiddelde totale filtratie activiteit van alle kokkels en mosselen samen over het groeiseizoen (juni-november) te relateren aan het gemiddelde visgewicht van de geleverde consumptiemosselen in het najaar. Het visgewicht is gerelateerd aan de groeisnelheid. In de oorspronkelijke situatie is er in de monding en in het middengebied een duidelijk negatief verband tussen de totale filtratie activiteit en de groei, behalve in 1980 (figuur 6.7). Jaren met minder biomassa en dus minder filtratie corresponderen met een snellere groei. Voor de overgangsfase gaat de relatie niet op. In de nieuwe situatie geldt dat zowel de filtratie (in casu de biomassa) als de groei laag zijn in de monding. Deze lage visgewichten zijn deels een gevolg van de slechte ligging van een aantal percelen; de groei op de proefpercelen is in deze analyse niet betrokken.

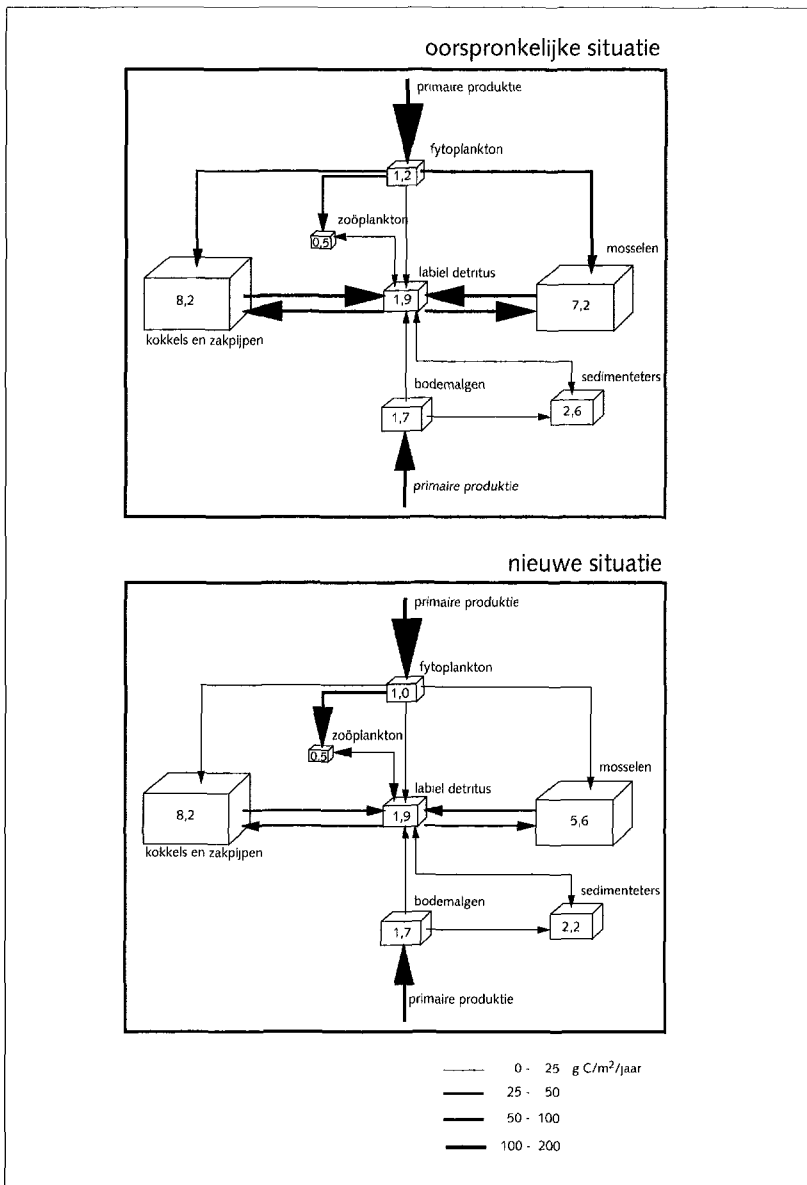
Er is dus een verband geconstateerd tussen biomassa en groei, met name in de oorspronkelijke situatie. Dit is van belang bij het bepalen van de draagkracht van het gebied voor mosselcultuur. Al eerder is vermeld (hoofdstuk 5.1) dat er ook een verband is aangetoond tussen primaire productie en mosselgroei: in jaren met een hoge primaire productie worden mosselen geoogst met hogere visgewichten, dan in jaren met een lage primaire productie. De jaren met een hoge primaire productie zijn dus ook de jaren met een relatief lage biomassa aan mosselen en kokkels.

In het model SMOES zijn deze statistische verbanden als processen opgenomen, zodat er ook prognoses kunnen worden opgesteld; de



figuur 6.8. Verloop van de potentiële groei (in % van het gewicht) van de mossel volgens SMOES in de oorspronkelijke en nieuwe situatie in het middengebied: de potentiële groei is niet veranderd.

relatie tussen primaire productie, biomassa en potentiële groei van kokkels en mosselen is in het model ingebouwd. Met het model is de potentiële groei van mosselen en kokkels berekend op basis van het beschikbare voedsel, bij een gegeven biomassa. De potentiële groei, in figuur 6.8 weergegeven voor de mossel, is in de nieuwe situatie ongeveer gelijk aan de oorspronkelijke situatie; dit hangt samen met de gelijk gebleven primaire productie en het toegenomen belang van zoöplankton: de lagere mossel en kokkelbiomassa leidt niet tot een hogere potentiële groeisnelheid van de mossel. Met het model is verder uitgerekend wat het gevolg is van verandering van de mosselbiomassa voor het ecosysteem: dit komt in hoofdstuk 6.3 aan de orde.



**Synthese: Effecten op de voedselbalans**

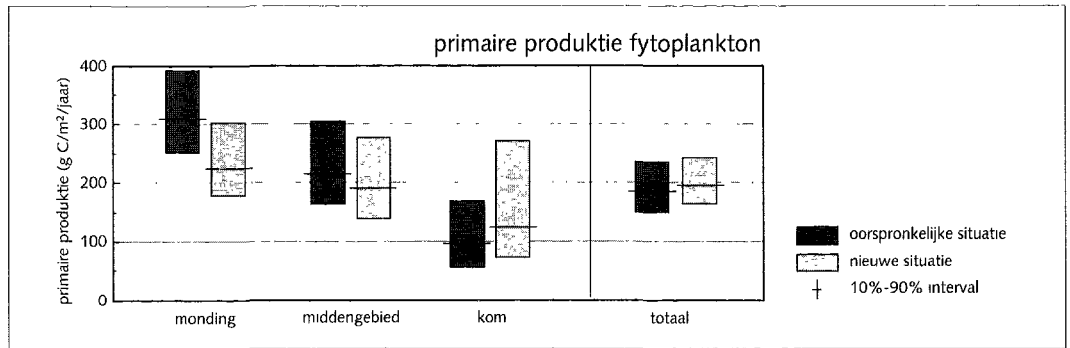
- *Voedselbalans weinig veranderd*

De voedselbalans (figuur 6.9) bestaat uit de hoofdgroepen van het ecosysteem, en de koolstofstromen op jaarbasis die de groepen verbinden. Veruit de grootste groep zijn de suspensie-etende bodemdieren, m.n. de kokkels en de mosselen; de zoöplankton biomassa bedraagt ten opzichte hiervan slechts enkele procenten. De bodemalgen en de sediment-etende bodemdieren leveren een bescheiden bijdrage aan de koolstofstromen. De omzet per eenheid biomassa ('turnover') vertoont grote verschillen zoals blijkt uit de omvang van de pijlen in figuur 6.9: een geringe fytoplankton biomassa levert een grote stroom voedsel aan de herbivore consumenten, waarbij een kleine hoeveelheid zoöplankton bijna evenveel omzet als een grote hoeveelheid mosselen en kokkels. De pijlen van en naar de detritus pool geven aan dat er veel detritus wordt geconsumeerd doch dat er ook veel wordt uitgescheiden: de netto veranderingen zijn gering. Detritus (dood organisch materiaal) is voornamelijk een buffervoorraad die via de activiteit van bacteriën wordt afgebroken, waarbij de nutriënten vrij komen en door het fytoplankton kunnen worden gebruikt.

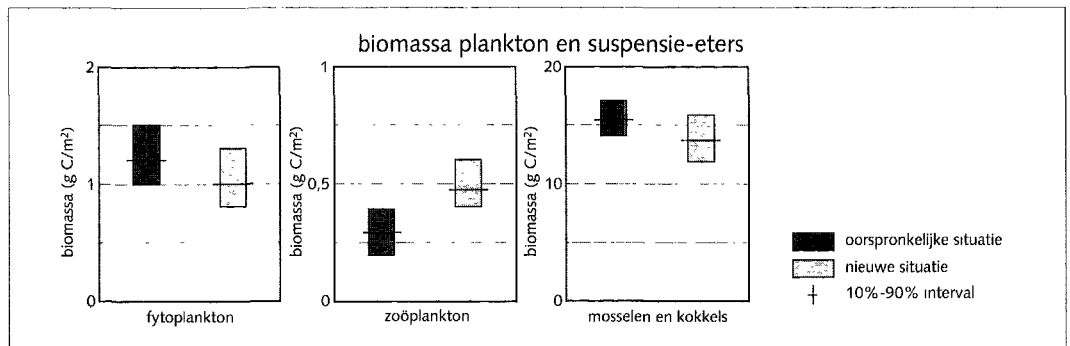
figuur 6.9. Schema van de biomassa van de hoofdgroepen en de belangrijkste voedselstromen in het ecosysteem in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie voor de gehele Oosterschelde.



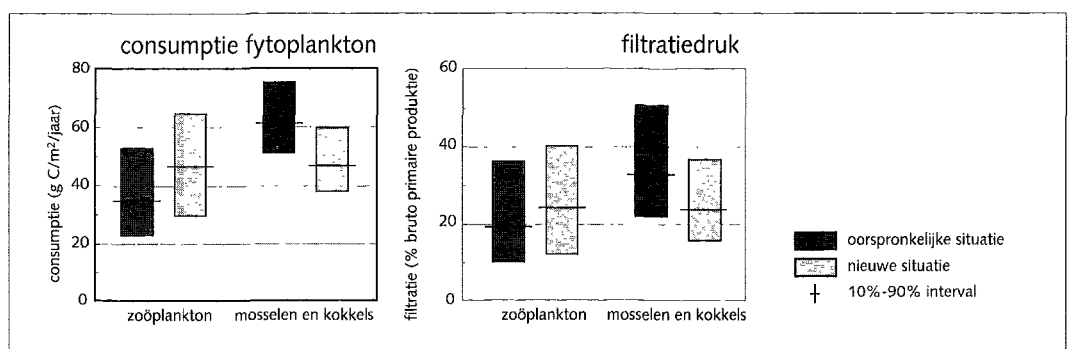
figuur 6.10.  
Vergelijking van de primaire productie van het fytoplankton per deelgebied volgens SMOES in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.



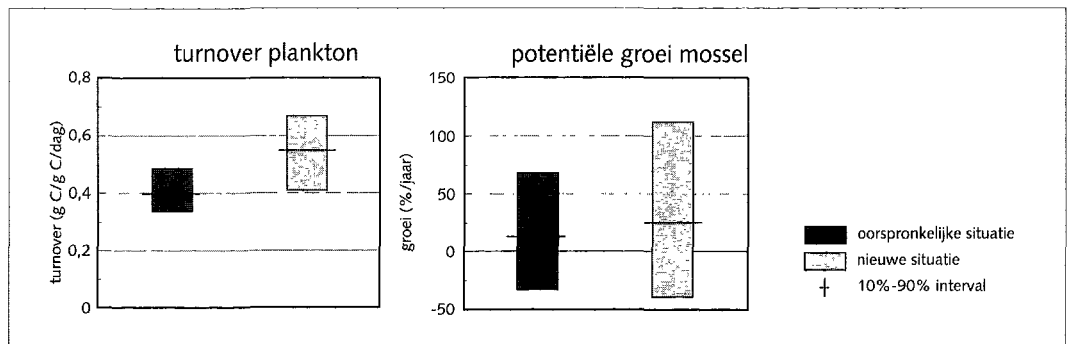
figuur 6.11.  
Vergelijking van de biomassa van fytoplankton, zoöplankton en suspensie-eters in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie voor de hele Oosterschelde.



figuur 6.12.  
Vergelijking van de consumptie van fytoplankton en de filtratiedruk (deel van de bruto primaire productie dat wordt gefiltreerd) door zoöplankton en suspensie-eters in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.



figuur 6.13.  
Vergelijking van de turnover van het fytoplankton en van de potentiële groei van de mossel in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.



Uit een vergelijking van de balans blijkt dat de primaire productie van het systeem ongeveer gelijk is gebleven (figuur 6.10); het fytoplankton is iets afgenomen, het zoöplankton is toegenomen; de suspensie-eters hebben een wat lagere biomassa in de nieuwe situatie (figuur 6.11). Verder blijkt dat het zoöplankton nu een groter deel van de iets hogere primaire productie benut dan voorheen. Het zoöplankton gebruikt niet alleen meer fytoplankton maar ook meer detritus. Het belang van zoöplankton in de

koolstofstroom is in de nieuwe situatie toegenomen. De mosselen daarentegen nemen minder fytoplankton op en ook minder detritus, hetgeen samenhangt met de lagere biomassa van de mosselen (figuur 6.12). Een groter deel van het fytoplankton wordt direct omgezet in detritus, mogelijk als gevolg van sedimentatie. Uit figuur 6.13 blijkt dat de plankton turnover (primaire productie per eenheid plantaardig materiaal) is toegenomen; de potentiële groei van de mosselen is niet duidelijk veranderd.

In de oorspronkelijke situatie is er volgens het model sprake van een netto import van fytoplankton (6% van de primaire produktie) en een netto export van detritus. Er is in de nieuwe situatie een geringe fytoplankton import (4%); de detritus export is thans vrijwel nul. De positie van bodemalgen en sediment-eters is weinig veranderd; opgemerkt wordt dat het model de toename van de bodemalgen (zie hoofdstuk 4.2.1) niet goed reproduceert. Over het geheel genomen laat de vergelijking van de koolstofbalansen zien dat de produktiviteit van het systeem niet is veranderd, doch dat deze nu meer ten goede komt aan het zoöplankton. Tevens blijkt dat de uitwisseling met de omgeving is afgenomen.

#### Toekomstverwachtingen

Uit het model van de voedselbalans blijkt dat de primaire produktie gelijk is gebleven. Geconstateerd was al dat de structuur van de fytoplanktongemeenschap is veranderd. Een groter deel van het voedsel wordt nu door het zoöplankton opgenomen, ten dele als gevolg van veranderingen in de fytoplanktongemeenschap. De voedselopname door mosselen is afgenomen als gevolg van de lagere biomassa van de mosselen. Verwacht wordt dat een toename van de schelpdierbiomassa zal leiden tot een grotere voedselcompetitie en een afname van het zoöplankton. De veranderingen in de produktiviteit van het systeem, afgemeten aan de koolstofstromen, zijn dus gering. De structuur, afgemeten aan de soortensamenstelling en de biomassa, is wel veranderd. De respons van het systeem op de veranderingen zoals die zich in de Oosterschelde hebben voorgedaan, bestaat klaarblijkelijk uit aanpassingen van de structuur, terwijl de processen slechts in geringe mate zijn veranderd. Op grond hiervan wordt verwacht dat ook in de toekomst de produktiviteit een zekere veerkracht zal vertonen, en veranderingen in het systeem de produktiviteit niet sterk zullen beïnvloeden.

### 6.3. Draagkracht voor menselijk gebruik

Uitgangspunt is dat het gebruik van de Oosterschelde duurzaam dient te zijn, dat wil zeggen met behoud van de natuurlijke waarden. In deze paragraaf wordt nagegaan wat de draagkracht is voor mosselkweek, kokkelvisserij en recreatie, rekening houdend met de effecten van de waterbouwkundige werken. Onder draagkracht voor menselijk gebruik wordt verstaan het maximum gebruik dat er van een gebied gemaakt kan worden voor bepaalde activiteiten zonder de eigenschappen van het systeem schade te berokkenen.

De draagkracht voor mosselkweek wordt vooral bepaald door de produktiviteit van het systeem. De draagkracht voor kokkelvisserij hangt af van de beschikbare kokkels en het aandeel dat nodig is als voedsel voor steltlopers en vissen. De draagkracht voor recreatief gebruik wordt bepaald door de mate van verstoring die dit met zich mee brengt voor onder meer vogels en zeehonden.

Bij een evaluatie van de draagkracht van het systeem voor diverse functies gaat het niet alleen om een vergelijking van de oorspronkelijke en de nieuwe situatie in de Oosterschelde, doch ook om een inschatting van de toekomstige ontwikkelingen, en de factoren die hierop van invloed zijn. Daarmee kan dan rekening worden gehouden bij het toekomstige beleid en beheer van de Oosterschelde.

#### 6.3.1 - Draagkracht voor mosselkweek

**De draagkracht is behouden. Deze wordt nu bepaald door de produktiviteit, die afhankelijk is van de nutriëntconcentratie en de hoeveelheid suspensie-eters. Uitbreiding van het mosselbestand betekent vermindering van de produktiviteit en overschrijding van de draagkracht.**

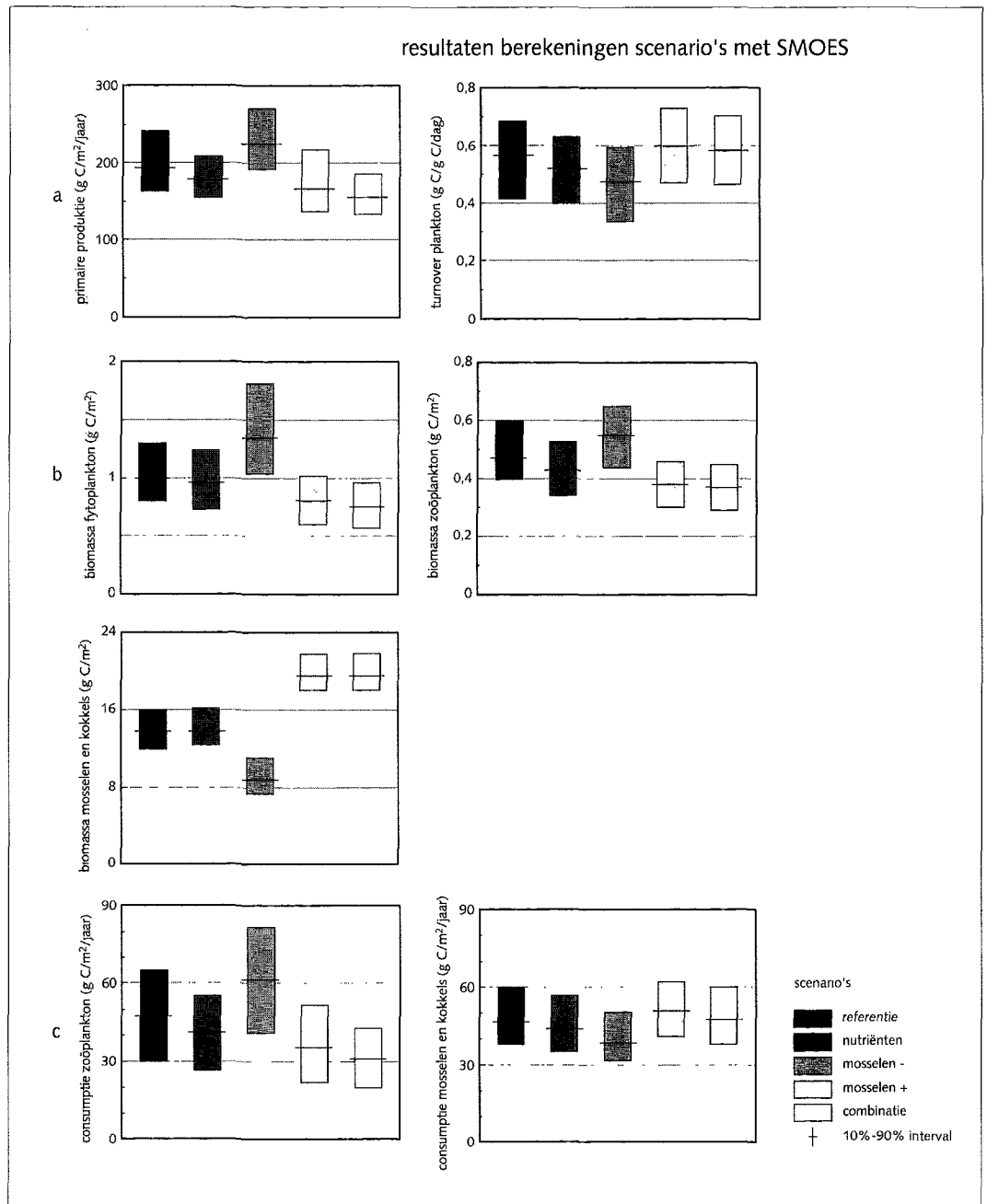
In tegenstelling tot voorheen is de ruimte voor mosselkweek op percelen nu niet meer begrensd door te hoge stroomsnelheden in de Oosterschelde. De draagkracht voor mosselkweek wordt in de nieuwe situatie voornamelijk bepaald door de beschikbaarheid van voedsel, dat wil zeggen door de primaire produktie in het gebied en de biomassa van de herbivoren, waaronder mosselen. Daarom is nagegaan wat de effecten zijn van verlaging en verhoging van de mosselbiomassa op de produktiviteit van het systeem, en op de groei van de mosselen zelf. Omdat de primaire produktie onder invloed staat van de nutriëntengehalten, is verder nagegaan wat de effecten zijn van het landelijke en internationale beleid, dat immers is gericht op het verder terugdringen van de nutriëntenbelasting.

Dit is geanalyseerd aan de hand van enkele scenario's die met het model SMOES zijn door-gerekend. Op de volgende punten wordt ingegaan:

1. Welke gevolgen heeft de mosselkweek op de primaire produktie in de Oosterschelde, en daarmee op de voedselbeschikbaarheid voor de overige herbivoren? Een tweetal scenario's is gehanteerd, één met een mosselbiomassa op een laag niveau (10 % van de waarden in 1988 - 1989) en één met mosselkweek waarbij de biomassa is verdubbeld t.o.v. de huidige situatie. De

figuur 6,14.

De effecten van de verschillende scenario's voor (a) primaire productie en plankton turnover, (b) biomassa fytoplankton, zoöplankton en suspensie-eters en (c) consumptie fytoplankton door zoöplankton en suspensie-eters. N.B. de biomassa en consumptie suspensie-eters is inclusief de mossel waarvan de biomassa voor de scenario's is veranderd.



bestanden van de kokkels en de overige suspensie-eters uit de jaren 1988 en 1989 blijven hierbij onveranderd. Opgemerkt wordt dat de verdubbeling van de mosselbiomassa leidt tot een niveau van suspensie-etende bodemdieren dat 26% ligt boven de waarden van de oorspronkelijke situatie, en 41% boven de huidige situatie. Een dergelijk niveau kan zich soms ook voordoen bij een goede kokkelbroedval.

2. Wat zijn de effecten van het nationale en internationale beleid gericht op reductie van de nutriëntenbelasting van oppervlaktewater – het Rijn en Noordzee actieplan (RAP en NAP)– op de primaire productie in de Oosterschelde, en daarmee op de draagkracht voor mosselkweek ?

Het beleid is erop gericht in 1995 te komen tot een reductie van 50% van de vrachten nitraat en fosfaat op het kustwater van de Noordzee t.o.v. 1985. Een vermindering van de vracht van de Rijn met 50% betekent een afname van de nutriënten concentratie met 50% van water dat via het Krammer/Volkerak de Oosterschelde in komt en met 20% van het water dat via de Voordelta in de Oosterschelde komt.

3. Om inzicht te krijgen in het gecombineerde effect van een geïntensiverde schelpdiercultuur en het nutriëntenbeleid, is een scenarioberekening uitgevoerd van de reductie van de nutriëntenbelasting in combinatie met de verdubbeling van de mosselbiomassa.

tabel 6.1  
 Procentuele veranderingen  
 ten opzichte van de situatie  
 in 1988/1989 bij verandering  
 van de toevoer van  
 nutriënten (NUT) of de  
 hoeveelheid mosselen (MOS-  
 ;MOS+), of een combinatie  
 van nutriëntenreductie en  
 toename hoeveelheid  
 mosselen (COMBI)

	NUT	MOS-	MOS+	COMBI
primaire produktie	- 8	+ 16	- 14	- 21
consumptie zooplankton	- 14	+ 31	- 24	- 33
consumptie susp-eters	- 7	- 19	+ 9	+ 1
biomassa fytoplankton	- 4	+ 35	- 20	- 25
biomassa zooplankton	- 9	+ 17	- 19	- 21
biomassa susp. eters	0	- 36	+ 41	+ 41
fytoplankton turnover	- 5	- 14	+ 9	+ 5
mosselgroei	- 12	+ 65	- 32	- 45

In tabel 6.1 en figuur 6.14a wordt een overzicht gegeven van de effecten van de verschillende veranderingen op de primaire produktie en de plankton turnover. Eveneens zijn de effecten van de scenario's weergegeven op de biomassa van fytoplankton, zoöplankton, suspensie-eters (figuur 6.14b), en op de consumptie door zoöplankton en suspensie-eters (figuur 6.14c).

**reductie nutriënten**

- *minder nutriënten: geringe afname primaire produktie*

Uit tabel 6.1 blijkt dat het voorgestane nutriëntenbeleid resulteert in een daling van de primaire produktie met 8%. De meeste variabelen zijn weinig gevoelig voor de nutriëntenreductie. De verklaring is dat de belangrijkste fytoplankton soorten in de Oosterschelde behoren tot de kiezelwieren (diatomeën), die in de eerste plaats silicium gelimiteerd zijn. Bij de scenarioberekeningen is aangenomen dat de siliciumconcentraties niet wezenlijk zullen veranderen. Het berekende effect wordt veroorzaakt door de afname in de produktie van de niet-diatomeeën.

**reductie biomassa mosselen**

- *minder mosselen: hogere primaire produktie*  
 Een reductie van de mosselbiomassa tot 10 % kan worden gezien als een scenario voor een Oosterschelde zonder mosselkweek. De biomassa van de suspensie-etende bodemdieren daalt dan van 13,8 naar 8,8 g C/m<sup>2</sup>. Dit leidt ertoe dat de consumptie door deze groep afneemt met 19%. De primaire produktie neemt toe, doch minder sterk dan de fytoplankton biomassa; de turnover - de produktie per eenheid biomassa - neemt af. Dit scenario biedt vooral voordelen voor de voedselconcurrenten zoals kokkels en ook het zoöplankton, waarvan de biomassa en de consumptie fors toenemen.

**verhoging biomassa mosselen**

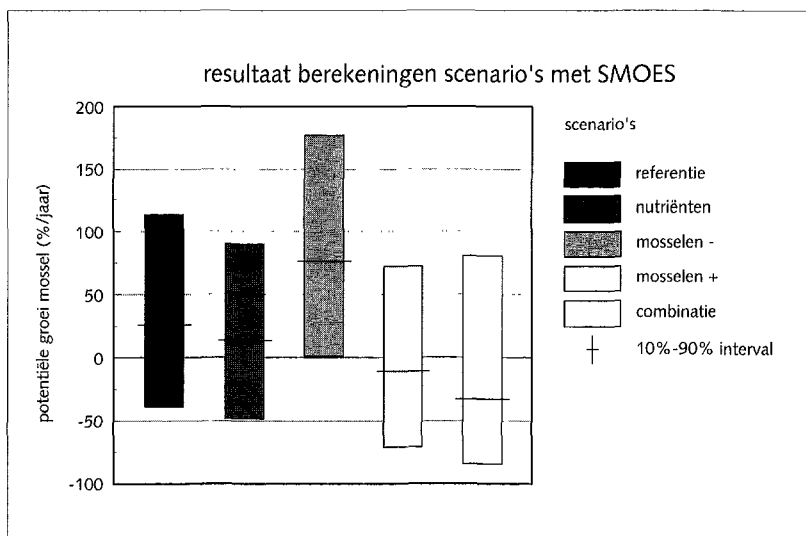
- *meer mosselen: lagere primaire produktie*  
 Verhoging van het bestand aan mosselen met 100% betekent een biomassa aan suspensie-etende bodemdieren van 19,5 g C/m<sup>2</sup>. De consumptie neemt daardoor enigszins toe. De primaire produktie en de fytoplankton biomassa nemen af, en de turnover neemt toe. De afname van de primaire produktie is minder (14%) dan op grond van de toename van de mosselen kon worden verwacht. Dit wordt onder meer veroorzaakt door het feit dat de toename van het bestand aan mosselen niet alleen leidt tot meer consumptie van plankton, doch ook tot een stimulans van de produktie als gevolg van de teruglevering van nutriënten. Dit wordt weerspiegeld in de hogere turnover. De uitbreiding van de mosselbiomassa gaat voor een deel ten koste van het zoöplankton.  
 De afname van de primaire produktie zal tot gevolg hebben dat de groei van herbivoren, met inbegrip van de mosselen, eveneens afneemt.

**effecten van een combinatie van maatregelen**

- *minder nutriënten en meer mosselen: beduidend lagere primaire produktie*

Uit het gecombineerde scenario, waarin een geïntensiverde mosselkweek is gekoppeld aan de realisatie van het nutriëntenbeleid, blijkt dat

figuur 6.15.  
 De effecten van de scenario's voor de potentiële groei van de mossel.



de realisatie van het nutriëntenbeleid, blijkt dat er een daling van de primaire produktie optreedt van 21%. De fytoplankton biomassa neemt nog sterker af, en de turnover neemt toe. De consumptie van het zoöplankton neemt af met ruim 30%. De verminderde primaire produktie leidt dan naar verwachting tot minder groei van de herbivoren. Het effect op mosselen is afhankelijk van de competitie met kokkels en zoöplankton. Te verwachten valt dat de visgewichten van de mosselen onder deze omstandigheden zullen afnemen (figuur 6.15).

#### Conclusie

De draagkracht van de Oosterschelde voor mosselkweek is behouden. Het nutriëntenbeleid heeft hierop een beperkte invloed. De scenario-berekeningen laten echter zien dat een intensivering van de mosselcultuur al dan niet in combinatie met de voorgestane reductie van de nutriëntenbelasting kan leiden tot een daling van de primaire produktie met 14 tot 21% over de gehele Oosterschelde. Dit kan een afname betekenen van de visgewichten van de gekweekte mosselen. Uitbreiding van de mosselcultuur kan inhouden dat de draagkracht wordt overschreden, en is daarom ongewenst.

#### 6.3.2 - Draagkracht voor kokkelvisserij De draagkracht voor kokkelvisserij is meer afhankelijk geworden van de beschikbaarheid van kokkels.

De draagkracht van het systeem voor de kokkelvisserij is aan de orde omdat de afname en de verminderde bereikbaarheid van fourageergebieden voor steltlopers als gevolg van de werken enerzijds, en de uitbreiding van de kokkelvisserij anderzijds, tot een toegenomen competitie om kokkels heeft geleid.

Met name scholeksters zijn voor hun voedsel grotendeels aangewezen op twee- of meerjarige kokkels, die leven in de intergetijdgebieden. Van de intergetijdgebieden is door de compartimentering ca. 30% niet meer beschikbaar; verder zijn grote delen van het overgebleven intergetijdgebied nu minder lang bereikbaar voor de vogels. Berekend is dat de scholeksters op jaarbasis 2000 ton kokkelvlees (versgewicht exclusief schelp) nodig hebben; zie het intermezzo 'even voorstellen'.

Ook de kokkelvisserij is afhankelijk van twee- of meerjarige kokkels. De kokkelvisserij in de Oosterschelde is de laatste jaren gegroeid, met een piek in 1987 als gevolg van het ontbreken van visbare kokkels in de Waddenzee in dat jaar. De kokkeloogst uit de Oosterschelde liep de afgelopen jaren uiteen van 130 tot 7850 ton versgewicht exclusief schelp. De toegenomen

kokkelvisserij heeft tot gevolg dat het voedsel schaars is in kokkelarme jaren. Daarbij komt dat de draagkracht voor visserij niet alleen wordt bepaald door de totale voorraad kokkels maar vooral door de verdeling over de platen, aangezien de scholeksters afhankelijk zijn van de ruimtelijke verspreiding van hun voedsel.

#### Effecten van de visserij

Op basis van de biomassa gegevens voor de periode 1980 - 1989 (zie hoofdstuk 4.2) zijn de bestanden in het visserijseizoen - het najaar - uitgerekend. Deze variëren van bijna 54.000 ton kokkelvlees (exkl. schelp) in 1980 tot minder dan 9.000 ton in 1989. De hoeveelheid kokkels in de Oosterschelde is dus sterk wisselend.

Uit onderzoek in augustus en december 1989 in de gehele Oosterschelde bleek dat er in de beviste gedeelten van het onderzoeksgebied 68% van de in augustus aanwezige biomassa was verdwenen. In gebieden met de hoogste dichtheden en grote kokkels was dat percentage het hoogst: tot 85% op de Neeltje Jansplaat. In gebieden waar niet was gevestigd, was de kokkelbiomassa met gemiddeld 10% gedaald. In alle bemonsterde gebieden tesamen verdween 58%. In 1990 is een bestandsopname van de kokkels uitgevoerd in het voorjaar. Hieruit komt naar voren waar de kokkels zich bevinden en in welke dichtheden. Daarbij is onderscheid gemaakt in vrije gronden en mosselpercelen. Het betreft hier niet voor mosselteelt in gebruik zijnde percelen waarop kokkels aanwezig zijn. Op deze percelen mogen geen kokkels mechanisch worden gevestigd. Voorts is een berekening gemaakt van de in het najaar beschikbare kokkels op grond van de voorjaars gegevens, door rekening te houden met groei en sterfte.

Op grond van gegevens uit het vogelonderzoek is een schatting gemaakt van de maximale aantallen scholeksters die bij een bepaald aantal kokkels per m<sup>2</sup> kunnen fourageren: zie het intermezzo 'fruits de mer'.

Uit de berekening komt naar voren dat in 1990 de voorraad kokkels voldoende was voor 66.000 tot 100.000 scholeksters. Het maximum aantal kokkeletende scholeksters, dat tegelijk in de Oosterschelde aanwezig is, blijkt de afgelopen jaren ongeveer 74.000 te bedragen. Hieruit volgt dat het kokkelbestand voldoende was voor de scholeksters, maar ook dat er weinig ruimte was voor de kokkelvisserij.

Er is niettemin toch gevestigd. De effecten hiervan zijn nagegaan voor de scholeksters in de monding van de Oosterschelde. Uit eerdere gegevens van de nieuwe situatie is bekend dat er maximaal 15.000 scholeksters fourageren op de Roggenplaat. In 1990 zijn er vanaf oktober lagere aantallen scholeksters geteld dan voor-

# Even voorstellen

## De scholeksters

De scholekster is een wintergast in de Oosterschelde die van augustus tot maart in grote aantallen (maximaal 92.000) aanwezig is. Het voedsel bestaat vnl. uit mosselen en kokkels, die gedurende de laagwaterperiodes worden gegeten. Op basis van de tijdens een laagwaterkartering in de winter '89/'90 vastgestelde habitatkeuze is een schatting gemaakt van de verhouding tussen de aantallen mossel- en kokkelelers. Voor de Oosterschelde als geheel was de verdeling 1:1, maar per deelgebied verschilt deze verhouding sterk. De voedselbehoefte van het kokkelelend deel van de populatie is berekend aan de hand van het dagelijks benodigde rantsoen van 200 g kokkelvles per vogel, vermenigvuldigd met het aantal vogeldagen van kokkelelers (50 % van  $19,1 \cdot 10^6$ ) en bedraagt per jaar ca. 2000 ton kokkelvles. Indien er bij een geringer aanbod van mosselen meer op kokkels wordt gefourageerd wordt de geschatte behoefte uiteraard groter. Dit is de laatste jaren het geval. De ondergrens van de dichtheid aan kokkels waarbij het voor Scholeksters profijtelijk is te fourageren wordt op grond van onderzoek in Wales, het Deltagebied en de Waddenzee op 50/m<sup>2</sup> gesteld.

Maar er zijn meer factoren die bepalen of Scholeksters profijtelijk kunnen fourageren in een bepaald gebied. Naast dichtheid, grootte en kwetsbaarheid van de prooi zijn dat: kenmerken van het abiotische milieu (hardheid, reliëf en vochtigheid van het substraat, afstand tot de hoogwatervluchtplaats), maar ook eigenschappen van de vogels zelf zoals dichtheid en agressiviteit. Juist die laatste mechanismen zorgen ervoor dat de scholeksters zich

volgens een vast patroon over de beschikbare fourageergebieden verdelen, waarbij de meest profijtelijke gebieden het eerst vol zijn en de hoogste dichtheden aan vogels kunnen herbergen. Deze gebieden zijn meestal laaggelegen (van LW tot NAP-50cm) en beslaan meestal hooguit 5 à 10% van het oppervlak geschikt fourageergebied.

Deze gebieden zijn vol als door sociale interacties de voedselopname van een deel van de vogels zo sterk geremd wordt dat het voor hen profijtlijker is naar een gebied met minder kokkels/m<sup>2</sup>. De maximale dichtheid aan scholeksters die hier bereikt wordt voordat er weer vogels gaan verhuizen naar nog marginalere gebieden ligt lager dan in de geprefereerde ("top") gebieden. Dit patroon is veelvuldig bij scholeksters waargenomen. Bij hoge aantallen vogels, maar afgenomen oppervlak aan profijtelijke gebieden zal een deel van de populatie in de marginale gebieden terecht komen en daar een verhoogd risico lopen op ondervoeding, conditieverlies en -met name bij vorst- vervroegde sterfte.

## De kokkelvisserij

De visserij op kokkels heeft de laatste decennia een sterke groei doorgemaakt. Met een aanvoerwaarde van ruim 40 miljoen gulden per jaar (Oosterschelde aandeel: 18 mln.) staat de mechanische kokkelvisserij binnen het schelpdierbedrijf momenteel op de tweede plaats, na de mosselcultuur. De vloot is modern en in staat grote hoeveelheden kokkels op te vissen. De landelijke aanvoer van kokkelvles bedraagt sinds 1987 ca. 10.000 ton per jaar. De verhouding tussen de aanvoer uit de Waddenzee en uit de Zeeuwse wateren (Oosterschelde, Westerschelde en Voordelta) is zeer wisselvallig. In 1987 waren vrijwel alle kokkels uit Zeeland afkomstig, maar ook tussen 1977 en 1980 was het Zeeuwse aandeel aanzienlijk. Deze verschuiving treedt op wanneer in de Waddenzee tijdens strenge winters (zoals '85/'86 en '86/'87) de kokkels door vorst en de werking van drijfijss uit het getijdegebied zijn verdwenen.

Tabel 1

De aanvoer van kokkels uit de Delta en de Waddenzee in mln kg vleesgewicht (excl. schelp) en in mln gulden van 1982-1989. De opgave van de gewichten is van de vissers (naar Min. L.N.V.)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
<b>A: mln kg</b>								
Delta	0,4	1,3	2,1	1,0	3,4	7,5	2,3	5,3
(O.S.)	0,2	0,6	1,2	0,8	0,9	7,5	2,3	3,8
Waddenzee	5,7	7,3	7,1	5,8	2,2	1,2	8,3	6,4
Totaal	6,1	8,6	9,2	6,8	5,6	8,7	10,6	11,7
<b>B: mln fl</b>								
Delta	1,4	4,6	7,4	3,5	11,9	26,3	8,1	18,6
Waddenzee	20,0	25,52	4,8	20,3	7,7	4,2	29,0	22,4
Totaal	21,4	30,1	32,2	23,8	19,6	30,5	37,1	41,0

# FRUITS DE MER

## voedselbeschikbaarheid en scholeksteraantallen

Bij hoogwater verblijven de steltlopers in de Oosterschelde op de hoogwatervluchtplaatsen. Wanneer het water afgaat gaan de vogels zich verspreiden over het vrijgekomen slik. Hierbij volgen de meeste soorten de waterlijn, waardoor de hoogste delen van het slik slechts gedurende korte tijd door vogels worden bezocht. Naarmate het water verder afgaat blijven steeds meer steltlopers achter op het vrijgekomen slik.

Met laag water zijn de vogels echter nog steeds verre van homogeen verdeeld over het slik (figuur 1). Deze niet-homogene verspreiding heeft te maken met het voedselaanbod: waar veel voedsel aanwezig is, zijn ook meer vogels te vinden.

De verspreiding van steltlopers bij laagwater, de veranderingen hierin in de tijd, en de factoren die eraan ten grondslag liggen, zijn onderzocht op de Slikken van Viane. In een aantal proefvlakken zijn gedurende de laagwaterperiodes tellingen uitgevoerd van fouragerende vogels, en zijn frequent de bodemdieren bemonsterd.

Ook zijn gedetailleerde waarnemingen gedaan aan voedselkeuze en foeragegedrag van steltlopers, vooral scholeksters.

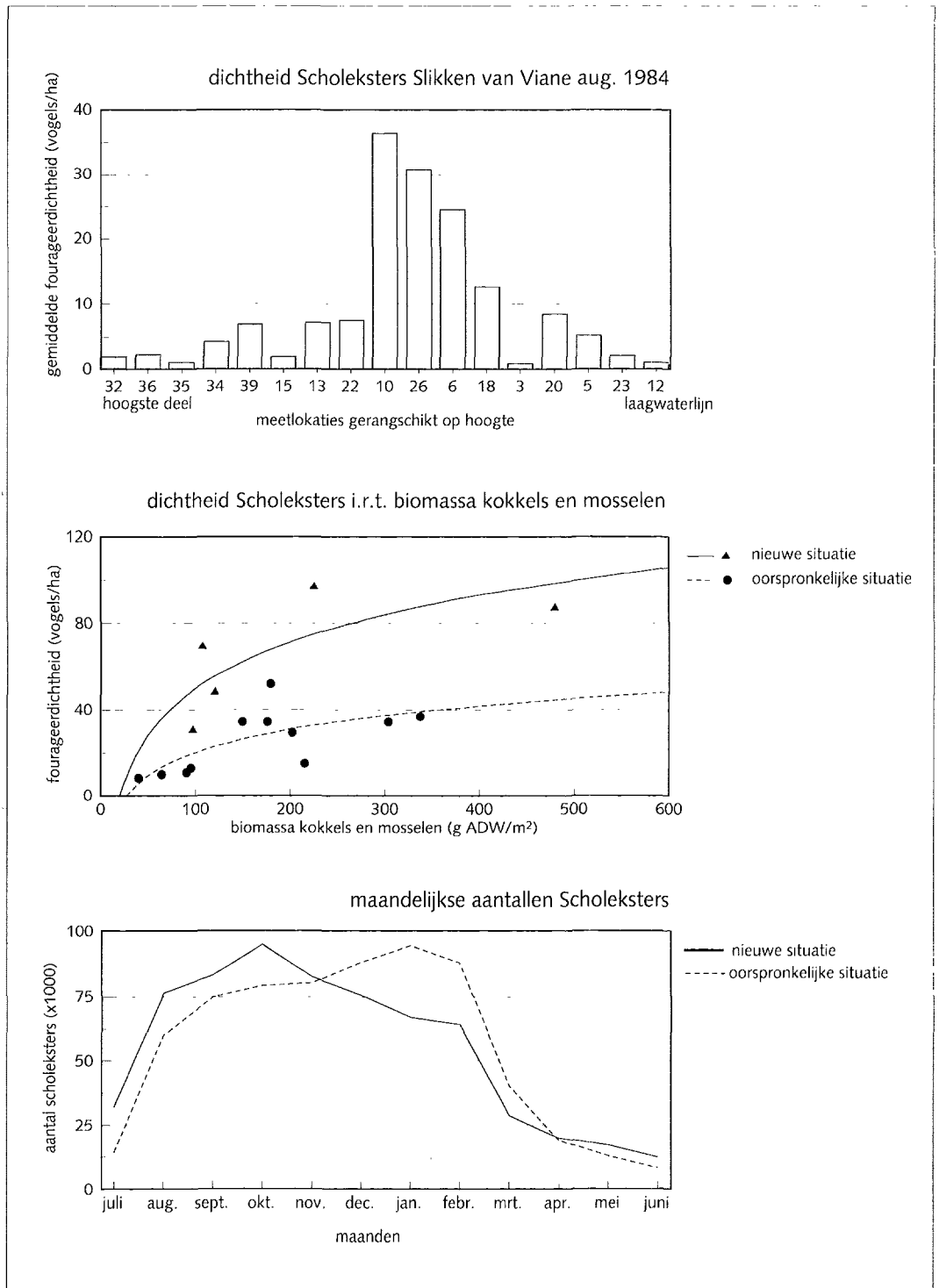
De relatie tussen het voorkomen van scholeksters en de biomassa van kokkels en mosselen op Viane is weergegeven in figuur 2.

De veranderde relatie tussen vogeldichtheden en schelpdierbiomassa op mosselbanken wordt veroorzaakt door een verandering in de samenstelling van het voedselaanbod aldaar, en niet door het hogere steltloperaanbod uit het Krammer/Volkerak. De biomassa mosselen is afgenomen ten gunste van de kokkels. Dit heeft te maken met een verandering in de bedrijfsvoering bij de mosselkweek waardoor de droogvallende percelen nu minder worden gebruikt dan voorheen. Tegelijkertijd nam de biomassa van kokkels sterk toe door het opgroeien van de enorme zaadval die na de strenge winter van 1985 optrad. In tegenstelling tot andere gebieden in de Oosterschelde, waar de kokkelvisserij een dergelijke ontwikkeling heeft voorkomen, heeft deze jaarklasse kokkels zich op de mosselpercelen ongestoord kunnen ontwikkelen. Van de aanwezige kokkelpopulatie is een groter aandeel "beschikbaar" voor de scholeksters dan van de mosselen, waarvan een groot deel voor de vogels onbereikbaar is door het bovenop elkaar groeien van de schelpdieren.

De hogere vogeldichtheden na de sluiting van de Philipsdam zijn dus het gevolg van de aanwezigheid van kokkels, en niet van de werken. Geconcludeerd kan worden dat de relatie tussen prooibeschikbaarheid en vogeldichtheid op de Slikken van Viane door de Oosterscheldewerken niet is veranderd. Nog steeds worden de aantallen scholeksters in de Oosterschelde bepaald door het voedselaanbod, en veranderingen hierin zullen effecten hebben op het aantal vogels.

Er zijn aanwijzingen dat de voedselsituatie voor de scholeksters de laatste jaren verslechterd is. De Europese scholeksterpopulatie als geheel is aanzienlijk gegroeid. Deze groei is in het najaar nog wel terug te vinden in de Oosterschelde, maar waar de aantallen vroeger in de winter een piek bereikten, nemen ze nu vanaf november af (figuur 3). Kennelijk wordt in de loop van de herfst een 'plafond' bereikt, waarna de aantallen geleidelijk gaan dalen naarmate de voedselvoorraad door de vogels wordt opgegeten.

**figuur 1**  
 Gemiddelde dichtheden van fouragerende scholeksters tijdens laagwater in 17 proefvlakken op de Slikken van Viane, gerangschikt van hoog naar laag in de getijzone (gegevens uit augustus 1984).

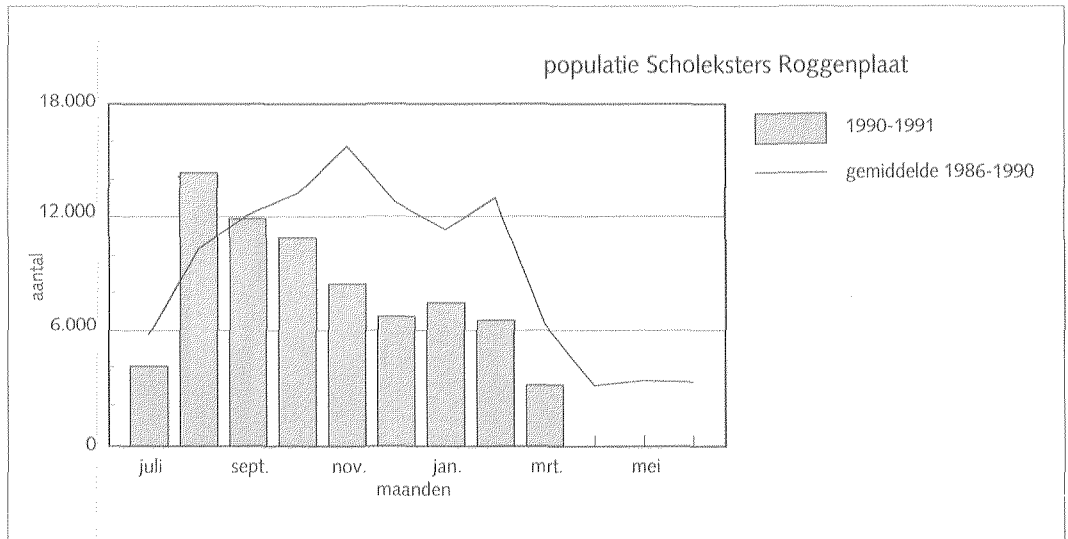


**figuur 2**  
 De relatie tussen de biomassa van schelpdieren en de dichtheid van fouragerende scholeksters op de Slikken van Viane tot en met seizoen 1986/87 (stip) en daarna (driehoek).

**figuur 3**  
 Seizoenspatroon van de aantallen scholeksters in de oorspronkelijke en de nieuwe situatie.



figuur 6.16.  
Aantal scholeksters van de Roggenplaat populatie in de periode 1986/90 en in 1990/91. Vanaf het najaar 1990 zijn de aantallen lager dan voorheen.

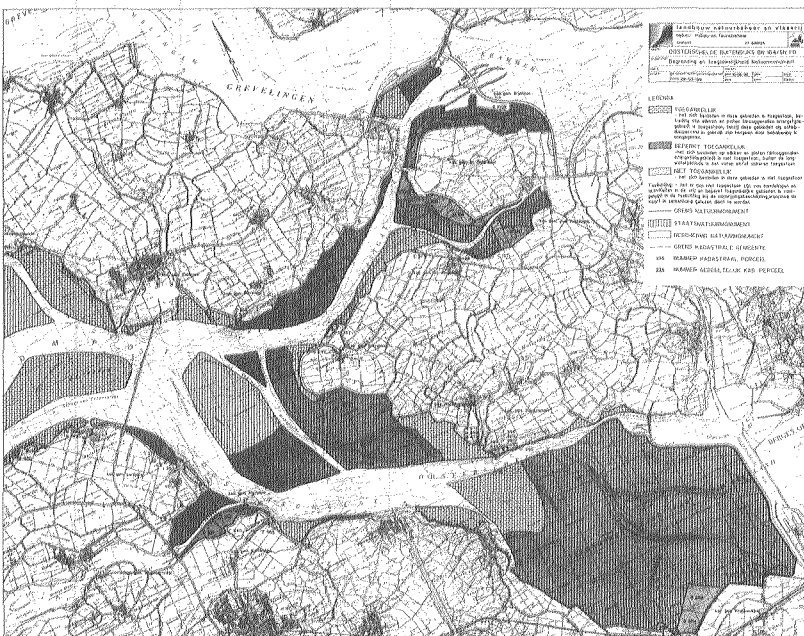


heen (figuur 6.16). In de winter 90/91 werd ca. 60% van het doorgaans aanwezige aantal scholeksters aangetroffen. Na de korte vorstperiode in februari 1991 is er sprake geweest van verhoogde sterfte in dit gebied. In andere delen van de Oosterschelde waren de aantallen scholeksters niet duidelijk lager dan normaal en was de sterfte evenmin hoger. Wel zijn er in de Westerschelde meer scholeksters geteld in de winter 1990/1991. Ook was de sterfte in de Westerschelde hoger dan normaal. De scholeksters van de Roggenplaat zijn mogelijk uitgeweken naar de Westerschelde, blijkbaar zonder veel succes. Dit wijst erop dat er voor vogels waarvoor geen ruimte is in de Oosterschelde, elders evenmin ruimte beschikbaar is.

**Conclusie**

In de toekomst zullen er altijd jaren met relatief weinig kokkels blijven optreden. Gegeven de behoefte aan kokkels bij de vogels en op grond van de jaarlijkse bestandopnames van kokkels kan worden vastgesteld wat de draagkracht is van de Oosterschelde voor de kokkelvisserij. Daarbij zal het risico op sterfte van een deel van de scholekster populatie afgewogen moeten worden tegen het economisch belang van de kokkelvisserij. Het verdient daarbij ook vanuit visserijkundig oogpunt aanbeveling de exploitatie van de kokkelbestanden in de Oosterschelde zoveel mogelijk te richten op het voorkómen van jaren met een gering kokkelbestand.

figuur 6.17.  
Overzicht van de toegankelijkheid van delen van de Oosterschelde conform de betedingsregeling.



**6.3.3 Draagkracht voor recreatie de betedingsregeling voor het voetlicht**

De afname van het areaal intergetijdgebied en de verminderde bereikbaarheid van fourageergebieden voor steltlopers betekent in feite een toename van de verstoringgevoeligheid van de Oosterschelde. De opvangcapaciteit van de Oosterschelde wordt nu volledig benut. Verstoring zal sneller dan voorheen leiden tot problemen voor de steltlopers. De draagkracht voor recreatie is minder geworden. Er is dus behoefte aan het reguleren van activiteiten die verstoring tot gevolg kunnen hebben. Begin 1990 zijn de particuliere binnen- en buitendijkse natuurgebieden van de Oosterschelde als beschermd natuurmonument aangewezen. Eind 1990 zijn de staatsgronden aangewezen als staatsnatuurmonument. Hiermee is een instrument van kracht geworden, waarmee de betreding van deze gebieden wordt gereguleerd. In figuur 6.17 is weergegeven op welke gebieden de betedingsregeling van toepassing is.

tabel 7.1  
 Overzicht van de oorspronkelijke, de verwachte en de werkelijk opgetreden situatie in de Oosterschelde. De oorspronkelijke situatie (1980/1985) is inclusief Krammer-Volkerak en Markiezaat.

		oorspronkelijk	prognose	opgetreden	%
<b>Water</b>					
gem. getijverschil Yerseke	(m)	3.70	3.10	3.25	-13
max. stroomsnelheid	(m/s)	1,5	afname	1,0	-30
verblijftijd	(d)	5-50	10-100	10-150	+100
gem. getijvolume	(m <sup>3</sup> *10 <sup>6</sup> )	1240	880	880	-28
zoetwaterbelasting	(m <sup>3</sup> /s)	70	40	25	-64
chloride - Kom	(g/l)	15,4	15,5	17,5	+14
stikstof - Kom	(mg/l)	1,2	afname	0,5	-58
<b>Bodem</b>					
oppervlakte totaal	(km <sup>2</sup> )	452	351	351	-22
wateroppervlak NAP	(km <sup>2</sup> )	362	304	304	-16
intergetijdegebied	(km <sup>2</sup> )	170	109	114	-33
schorren	(km <sup>2</sup> )	17,2	6,4	6,4	-63
<b>Biota</b>					
primaire productie	(gC/m <sup>2</sup> /jr)	148-236	gelijk	164-244	+5
zoöplankton	(gC/m <sup>2</sup> )	0,23-0,38	toename	0,37-0,55	+60
visgewicht mossel	(%)	21-27	toename	20-26	-4
dichtheid steltlopers	(n/ha)	12	gelijk	13	+6
<b>Gebruik</b>					
oogst mosselen	(* 100 kg/jr)	335.000	gelijk	266.000	21
oogst kokkelvlees	(ton/jr)	1.200	-	5.000	+400
recreatie (ligplaatsen watersport)					
- vaste plaatsen		1.563	+550	2.100	+34
- passanten		456	+240	575	+26
scheepvaart (schepen/jr)		46.000	gelijk	53.100	+18
(n.b. oogst mosselen inclusief schelp; oogst kokkels exclusief schelp)					

## 7 Evaluatie van de effecten en perspectieven voor duurzame ontwikkeling

Het getijdemilieu is behouden, maar de Oosterscheldewerken hebben de Oosterschelde wel veranderd. In hoofdlijnen conform de prognoses, maar op onderdelen anders dan verwacht. Dit is samengevat in tabel 7.1. In dit afsluitende hoofdstuk wordt de vraag beantwoord of van de Oosterschelde geworden is wat er destijds van werd verwacht. Voorts worden de ontwikkelingsmogelijkheden van de Oosterschelde geschetst uitgaande van duurzaam beheer en gebruik, en wordt aangegeven welke aspecten begeleiding, monitoring en onderzoek vergen.

### 7.1. Doelstellingen waterbouwkundige werken bereikt?

De vraag in hoeverre het getijdemilieu van de Oosterschelde binnen de nieuwe grenzen duurzaam behouden is gebleven, is beoordeeld op systeemniveau in termen van behoud van habitats en bijbehorende natuurwaarden, behoud van produktiviteit en behoud van de mogelijkheden voor menselijk gebruik.

#### Habitats en natuurwaarden

Over de gehele Oosterschelde bezien is de verscheidenheid aan habitats behouden gebleven, evenals de soortenrijkdom. Door de sterk afgenomen belasting met verontreinigende stoffen geldt de Oosterschelde nog meer dan tevoren als een schoon referentiegebied voor de kustwateren. Door de werken zijn echter processen in gang gezet die resulteren in een afname van het areaal of van de kwaliteit van bepaalde leefgebieden.

Zoals werd verwacht heeft de getijreductie geleid tot plaaterosie. Dit zal in de toekomst een afname van de draagkracht voor steltlopers tot gevolg hebben. Nog niet precies is aan te geven hoe de plaaterosie zich zal voltrekken en in hoeverre de vogels door gedragsaanpassingen de afname in de beschikbaarheid van voedsel enigermate kunnen compenseren.

Voor de schorren heeft de extra getijreductie tijdens de overgangsfase geresulteerd in een langdurige droogstand, waardoor de kwaliteit blijvend is verslechterd op een deel van het areaal. Als gevolg van de extra getijreductie is tevens de schorkliferosie twee maal zo hoog als was voorspeld. De komende jaren zal er waarschijnlijk jaarlijks 4 ha van de thans aanwezige 643 ha verloren gaan.

#### Produktiviteit

Zoals werd verwacht, is de produktiviteit van de Oosterschelde min of meer gelijk gebleven. Er zijn echter wel verschuivingen opgetreden. De primaire produktie in de monding is lager dan voorheen, terwijl die in de noordelijke tak relatief hoog is. Hoewel het beperkte aantal meetjaren nog geen definitieve conclusie toelaat, wordt verwacht dat ook in de toekomst dit beeld blijft bestaan: gemiddeld voor de Oosterschelde zal de primaire produktie naar verwachting op hetzelfde niveau gehandhaafd blijven.

Realisering van het Noordzee actieplan, waarin een vermindering van de nutriëntenbelasting met 50% wordt beoogd zal waarschijnlijk slechts een geringe daling van de primaire produktie op de Oosterschelde tot gevolg hebben.

De benutting van de primaire produktie door herbivoren is verschoven in de richting van het zoöplankton, als gevolg van de betere voedselkwaliteit en de lagere biomassa van suspensieeters. De verwachting is dat de concurrentieverhoudingen tussen zoöplankton en suspensieeters omkeerbaar zijn en dus niet structureel zijn veranderd.

#### Gebruiksfuncties mosselkweek

Hoewel de aanvoer van mosselen in de nieuwe situatie lager is dan in het begin van de jaren tachtig, kan toch worden geconcludeerd dat onder optimale omstandigheden mosselkweek op het oorspronkelijke niveau mogelijk is. De lagere aanvoer uit de Oosterschelde hangt onder meer samen met de gewijzigde stroomcondities, waardoor er een verschuiving is opgetreden in geschikte kweeklokaties. In bepaalde gebieden zijn de kweekcondities minder gunstig dan voorheen, terwijl nu mosselen kunnen worden gekweekt op voorheen ongeschikte lokaties. Uit de resultaten van de proefpercelen is gebleken dat de opbrengsten van deze nieuwe lokaties gemiddeld hoger zijn dan van de bestaande percelen.

De draagkracht van de Oosterschelde als geheel is gehandhaafd gebleven.

Wel kan een verplaatsing binnen en tussen de verschillende delen van de Oosterschelde noodzakelijk zijn om de beste kweekomstandigheden te kunnen benutten.

**kokkelvisserij**

De kokkelvisserij is niet direct beïnvloed door de Oosterscheldewerken. Het voorkomen van kokkels is namelijk niet structureel veranderd, maar wordt vooral bepaald door de natuurlijke variabiliteit. Dit betekent dat er in principe voldoende mogelijkheden zijn voor de kokkelvisserij, indien er genoeg kokkels aanwezig zijn. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de voedselbehoefte van de scholekster. De werken zijn hierop in zoverre van invloed geweest, dat de draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters, die afhankelijk zijn van twee- en meerjarige kokkels, is bereikt en in de toekomst mogelijk nog zal afnemen. Hierdoor zijn de scholeksters meer afhankelijk van ongestoorde fourageermogelijkheden.

**recreatie**

Door de Oosterscheldewerken is de toegankelijkheid vergroot. De draagkracht is afgenomen in verband met de vogelstand. Het recreatieve gebruik van de Oosterschelde is over het geheel niet sterk toegenomen. Verondersteld wordt dat de betredingsregeling een effectief instrument is voor het reguleren van de recreatiedruk.

**7.2. Duurzaam beheer en gebruik**

De Oosterschelde als getijdegebied is behouden gebleven, evenals de visserijmogelijkheden in het gebied. Nu is het zaak zodanig met de Oosterschelde om te gaan dat geen afbreuk wordt gedaan aan de natuurwaarden en, conform de doelstellingen van het beleidsplan, dat deze waar mogelijk worden versterkt. Uitgangspunt hierbij is een duurzame ontwikkeling, waarbij beheer en gebruik van het gebied zijn gericht op het waarborgen van een gezond functionerend ecosysteem en de daarbij behorende natuurwaarden, ook op langere termijn. Voor de Oosterschelde is geprobeerd dit zo concreet mogelijk te vertalen in termen van duurzaam beheer en duurzaam gebruik van de aanwezige leefgebieden en de productiecapaciteit van het gebied.

**Inrichting en beheer van leefgebieden  
Bijsturen negatieve ontwikkelingen**

Het is de vraag of de voortgaande erosie van slikken, platen en schorren aangepakt moet worden. Er is namelijk sprake van een natuurlijke aanpassing van de morfologische structuur aan de gewijzigde stromingscondities. Erosiebestrijding houdt in dat op de natuurlijke dynamiek zal moeten worden ingegrepen. De mogelijkheden en consequenties hiervan zijn onderwerp van studie in het RWS-project

'Lamsoor'. De meest fundamentele aanpak om de afslag van plaatranden te bestrijden is het stillen van de zandhonger van de te ruime geulen. Wanneer dit is gebeurd zal er een nieuw evenwicht kunnen ontstaan tussen afslag door golven en opbouw door de getijdestroom. Dit vergt echter een suppletie van minimaal 400 miljoen kubieke meter zand, dat van buiten de Oosterschelde zou moeten worden aangevoerd. Dit is een weinig reële optie, gelet op de morfologische ontwikkeling van de Voordelta en de hoge kosten. Meer voor de hand ligt het lokaal beschermen van plaatranden, en ook van schorkliffen, door middel van één of andere vorm van (voor)oeververdediging. De effectiviteit hiervan zal moeten worden getoetst met de uitvoering van proefmaatregelen.

**versterking van natuurwaarden**

Compensatie van het geleden verlies van schoroppervlakte en een versterking van de natuurfunctie van het Oosterscheldegebied zal vooral in de binnendijkse gebieden gezocht moeten worden, omdat hier de beste mogelijkheden liggen. Vanuit de visie dat compensatie van verliezen in de Oosterschelde gewenst is, zou prioriteit kunnen worden gegeven aan projecten, gericht op uitbreiding van schorareaal en broedgebieden voor kustbroedvogels. Reeds in de evaluatieperiode is begonnen de waarde van de Oosterschelde voor kustbroedvogels veilig te stellen. Bepaalde broedgebieden zijn afgesloten voor betreding en door middel van natuurbouw zijn lokaal broedgebiedjes gecreëerd. Het verlies van de natuurwaarden van de Oosterschelededijken ten gevolge van asfaltering zou opgevangen kunnen worden door een integraal dijkbeheer. Dit betekent dat bij toekomstige herstelwerkzaamheden gebruik wordt gemaakt van materialen die bevorderlijk zijn voor het ontstaan van een verscheidenheid van levensgemeenschappen.

**Duurzaam gebruik  
Mosselkweek**

Een duurzame benutting van de produktiviteit van de Oosterschelde dient uit te gaan van een oogst die ook op termijn niet ten koste gaat van natuurwaarden. Een Oosterschelde zonder mosselkweek wordt, volgens de modelberekeningen, gekenmerkt door een hogere primaire produktie dan in de huidige situatie die vooral ten goede komt aan het zoöplankton. Er kan echter niet worden aangetoond dat wezenlijke natuurwaarden in het gedrang komen bij een gebruik van de Oosterschelde zoals dat in de oorspronkelijke en in de huidige situatie plaats vindt. Dat zou wel het geval kunnen zijn bij

intensivering van de mosselkweek, die zal leiden tot een daling van de fytoplanktonproductie en biomassa met als gevolg minder voedsel voor alle organismen die van het fytoplankton afhankelijk zijn.

Er vanuit gaande dat het oorspronkelijke produktieniveau voor mosselkweek in de Oosterschelde haalbaar is en dat de fytoplanktonproductie en biomassa ongeveer op hetzelfde niveau gehandhaafd zouden moeten blijven, zal er bij een eventuele herverdeling van percelen niet zozeer moeten worden gestreefd naar een uitbreiding van het kweekareaal, maar naar een kwaliteitsverbetering van de kweekgebieden. Daarbij is niet alleen de areaaloppervlakte de sturende factor, doch veeleer de hoeveelheid mosselen die nodig is om de gewenste opbrengst te realiseren. Een efficiënte benutting van de primaire produktie vereist een cultuurtechniek waarbij sterfte van de mosselen tijdens de kweek zo laag mogelijk wordt gehouden. Dit kan worden bereikt door de hoeveelheid en verspreiding van het mosselzaad af te stemmen op het gewenste produktieniveau en de produktie-efficiëntie te maximaliseren. Een duurzaam gebruik van de Oosterschelde voor mosselkweek heeft in dit opzicht raakvlakken met het gebruik van de Waddenzee voor het verzamelen van mosselzaad.

#### **Kokkelvisserij**

De kokkelvisserij is afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende twee- en meerjarige kokkels waarbij rekening zal moeten worden gehouden met de behoefte van vogels, met name scholeksters, die eveneens afhankelijk zijn van twee- en meerjarige kokkels. Daarbij gaat het niet alleen om de totale hoeveelheid maar ook om de ruimtelijke verspreiding. Uit de evaluatie is gebleken dat het openstellen van de Oosterschelde voor kokkelvisserij, met name in 1990 nadelige effecten heeft gehad op een deel van het scholeksterbestand. Duurzaam gebruik van de Oosterschelde voor kokkelvisserij vereist daarom een quoteringsregeling.

De hoeveelheid en de verspreiding van de kokkels is slecht voorspelbaar, de behoefte van de scholeksters is wel bekend. Daarom is het gewenst per seizoen na te gaan wat de ruimte is voor kokkelvisserij, door de jaarlijkse schatting van het kokkelbestand zoals dit sinds 1990 gebeurt te continueren, en de resultaten te gebruiken voor het vaststellen van het visserijquotum. Het verdient daarbij aanbeveling de exploitatie van de kokkelbestanden in de Oosterschelde zoveel mogelijk te richten op het voorkómen van jaren met een gering kokkelbestand. Dit is in het belang van zowel de scholeksters als het visserijbedrijf.

#### **Recreatie**

Duurzaam gebruik van het gebied voor recreatieve doeleinden betekent gebruik zonder verstoring van dieren die hiervoor gevoelig zijn, met name vogels en zeezoogdieren. Hiermee is rekening gehouden bij de aanwijzing van de Oosterschelde tot staatsnatuurmonument, en de opstelling van de betredingsregeling. Uit de evaluatie blijkt dat de grotere verstoringsgevoeligheid van met name steltlopers een strikte handhaving van de diverse regelingen vergt.

Gesignaleerd wordt dat er geen enkel gebied is dat in het geheel van verstoring wordt gevrijwaard. Verstoring als gevolg van visserij, waaronder handkorkkelen, wordt namelijk niet gereguleerd in de betredingsregeling. Overwogen kan worden een gebied in te stellen dat zo ongestoord mogelijk is en kan dienen als onbeïnvloede referentie voor de rest van de Oosterschelde. De verschillende habitats zouden hierin vertegenwoordigd moeten zijn. Een dergelijk gebied kan tevens dienen om specifieke waarden van de Oosterschelde voor het voetlicht te brengen via onderzoek en voorlichting. Een gebied dat zeer geschikt is om deze rol te vervullen zijn de nu beperkt toegankelijke Slikken van Viane, vanwege de ligging en de diversiteit aan habitats, en omdat er al veel kennis beschikbaar is over de verschillende kenmerken van het gebied.

### **7.3. De veranderingen in de Oosterschelde in een breder perspectief**

#### **externe factoren**

De invloed van externe factoren als meteorologische omstandigheden (zachte en strenge winters, natte en droge jaren) op de fluctuaties in onder meer de hoeveelheden mosselzaad en kokkelbroed en de aantallen doortrekkende en overwinterende vogels blijven van belang bij de verdere ontwikkelingen in de Oosterschelde. Dit geldt eveneens voor de primaire produktie die tevens onder invloed staat van de afgenomen concentraties van nutriënten in de Voordelta en daarmee van het voorgestane beleid ten aanzien van de reductie van de nutriëntenbelasting van de Noordzee. Wat betreft de ontwikkelingen in het getij en de effecten op de intergetijdegebieden moet in de toekomst rekening gehouden worden met de effecten van de zeespiegelstijging die wordt geschat op een verhoging van de zeespiegel van 60 cm in 100 jaar. Deze effecten zijn thans nog niet goed te bepalen.

### relaties met andere gebieden

Het intergetijdegebied van de Oosterschelde maakt, samen met dat van de Waddenzee, de Eems-Dollard, de Voordelta en de Westerschelde, een substantieel deel uit van het oppervlak droogvallende platen in Europa en Noord Afrika. Ruim 90% van de Nederlandse intergetijdegebieden is reeds onder de natuurbeschermingswet geplaatst. Toch kunnen daarmee deze gebieden op termijn niet geheel worden veiliggesteld. De oppervlakte droogvallende platen in de Oosterschelde zal als gevolg van de zandhonger op termijn gaan afnemen. Daarmee zal de draagkracht voor de vogels verminderen. De stijging van de zeespiegel kan dit proces versnellen en ook in de andere intergetijdegebieden tot een vermindering van de oppervlakte intergetijdegebied leiden. Anderzijds zijn er ontwikkelingen in de Voordelta, waarbij een uitbreiding van het areaal plaatoppervlakte mogelijk is. Op dit moment is nog niet goed te voorzien of en in hoeverre maatregelen in de Oosterschelde de afname van de plaatoppervlakte kunnen vertragen, dan wel in hoeverre compensatie elders kan worden gerealiseerd.

Er zijn veel onzekerheden betreffende de verwachte daling in de aanvoer van voedingsstoffen en de effecten op de produktiviteit van de Oosterschelde en de andere getijdewateren. Ook de doorwerking hiervan op de voedselbeschikbaarheid voor vogels, vissen en voor de schelpdieren is moeilijk aan te geven.

De samenhang tussen de getijdegebieden maakt het wenselijk voor de ontwikkelingen van de Nederlandse getijdewateren een integraal beleid en beheer op te stellen, en middels onderzoek na te gaan hoe afstemming van natuur- en gebruiksfuncties geoptimaliseerd kan worden.

### 7.4. Monitoring en onderzoek

In het kader van 'integraal waterbeheer' is er een landelijk programma voor monitoring van de zoute wateren opgezet, dat sinds 1990 operationeel is. Dit programma omvat voor de Oosterschelde regelmatige metingen van een aantal fysische, chemische en biologische variabelen, met als doel informatie te verzamelen over de trends in de belangrijke kenmerken van het watersysteem, en effecten van beheer en beleidsmaatregelen. De volgende onderwerpen zijn in het monitoring programma opgenomen: stromingspatronen, diepteprofielen, waterkwaliteit, fytoplanktonsaamenstelling, dichtheid bodemdieren, flora en fauna bedekkingsgraad van de dijkvlooiingen en de aantallen vogels. Ook worden de visziekten geregistreerd. Monitoring van enkele andere aspecten zoals zoöplankton, visstand, schorbodem en -

vegetatie en bedekking zeegrassen is in voorbereiding.

Voor de Oosterschelde is er in aanvulling op dit monitoringprogramma de noodzaak aan een aantal ontwikkelingen extra aandacht te besteden, omdat er over de richting waarin het systeem zich verder zal ontwikkelen nog veel onzekerheden bestaan. Dit geldt met name voor die veranderingen die zich over een lange periode uitstrekken, zoals de morfologische aanpassingen. Deze hebben gevolgen voor andere aspecten zoals de vogelstand, de bodemdieren en de schorvegetatie. Dit betekent enerzijds dat er meer informatie nodig is om in te schatten in hoeverre maatregelen nodig zijn, en anderzijds dat nagegaan moet worden of, en zo ja, hoe maatregelen genomen kunnen worden om ongewenste effecten bij te sturen.

Ervan uitgaande dat het monitoringprogramma voldoende basisgegevens over het systeem oplevert zijn in aanvulling hierop de belangrijkste aandachtspunten voor nader onderzoek:

- morfologische veranderingen van de platen en de slikken; netto erosie snelheid van plaatranden, ontwikkelingen in het slijbgehalte van de bodem, en de afvlakking van de platen en slikken en de effecten van maatregelen om de morfologische ontwikkelingen te reguleren;
- de effecten van de morfologische veranderingen op de ontwikkelingen van de levensgemeenschappen: met name de structuur van de bodemdierengemeenschap kan veranderen door effecten op de broedval en het broedsucces; de steltlopers kunnen mogelijk gedragsaanpassingen vertonen aan de veranderde vrijligduur; de zeegrassen kunnen effecten ondervinden van de veranderde erosie op de platen.
- de ontwikkeling van het nutriëntengehalte en de primaire produktie en de gevolgen voor het voedselaanbod voor herbivoren zoals zoöplankton en suspensie-etende bodemdieren, m.n. kokkels en mosselen. Daarbij is tevens aandacht nodig voor de uitwisseling van nutriënten tussen de bodem en de waterfase en de mogelijk veranderde rol van bodemalgen en bodemdieren in dit proces.
- tevens is er aandacht nodig voor de effecten van het gebruik van de kering, met name bij meertopsstormen, voor de zeegrassen en de schorkliffen.

## 7.5 Slotbeschouwing

Anno 1991 is de Oosterschelde nog steeds een hoog produktieve zeearm met een goede waterkwaliteit, een voor het gebied kenmerkende natuur en goede mogelijkheden voor kokkelvisserij en schelpdiercultuur.

In hoofdlijnen verlopen de ontwikkelingen in de Oosterschelde zoals was verwacht. Op sommige punten is de situatie gunstiger dan verwacht, dit geldt met name voor het grotere getijverschil, het hoge zoutgehalte en de toegenomen helderheid. Op andere punten, met name de schorren, de platen en de steltlopers, zijn de ontwikkelingen wat minder gunstig. De erosie van platen en schorren zal op een termijn van 30 jaar een areaalverlies van ca. 15% kunnen opleveren. De grootste afname zal in de eerste tien jaar optreden. Dit heeft al effecten te zien gegeven voor het steltloperbestand.

Zonder maatregelen is een duurzame ontwikkeling van de Oosterschelde mogelijk waarbij het verlies aan plaat- en schorareaal wordt geaccepteerd. Er kunnen evenwel maatregelen worden overwogen om de erosie van platen en schorren te reguleren, teneinde deze habitats te behouden en daarmee hun belangrijke aandeel in de natuurfunctie van het gebied. Het is nu dus zaak te reageren op de geconstateerde ontwikkelingen en inrichting, beheer en gebruik van de Oosterschelde op een duurzame manier nader vorm te geven.





# Begrippenlijst

algen	chlorofyl bevattende planten zonder differentiatie in wortel, stengel en blad
asvrijdrooggewicht	biologische maat voor het gewicht van organismen; het gewicht van het organische materiaal; afkorting: ADW
assimilatie	het inbouwen van voedsel of voedingsstoffen in cellen, weefsels of lichaamsvloeistoffen van een organisme
biodepositie	dood organisch materiaal afkomstig van organismen, dat op de bodem bezinkt (faeces en pseudofaeces)
biomassa	gewicht van het levend materiaal
compartimentering	afscheiding van delen van het Oosterscheldebekken d.m.v. dammen t.b.v. zoet-zout scheiding en regulering van het getijverschil
consumenten	organismen die andere organismen eten
copepoden	roeiopootkreeftjes, onderdeel van het zoöplankton
detritus	dood organisch materiaal
diatomeeën	alg met skelet van silicaat
draagkracht voor functies	het maximum gebruik dat er van een gebied gemaakt kan worden zonder de eigenschappen van het gebied schade te berokkenen
draagkracht voor soorten	het maximum aantal individuen van een soort dat in een gebied kan overleven
duurzaam functioneren	duurzaam functioneren van het ecosysteem houdt in dat de kenmerkende elementen en processen van het systeem zich op een natuurlijke wijze kunnen handhaven
duurzaam gebruik	een zodanig gebruik (van de Oosterschelde) dat er zowel op de korte als op de lange termijn geen afbreuk wordt gedaan aan de waarden van de Oosterschelde
duurzame ontwikkeling	een ontwikkeling die voorziet in de eigen behoeften zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties in gevaar te brengen
ecosysteem	systeem van levende organismen en hun omgeving, dat min of meer begrensbbaar is
fotosynthese	omzetting van CO <sub>2</sub> o.i.v. licht in organische stof in groene planten
fyto benthos	op of in de bodem levende planten (algen en zeegrassen)
fytoplankton	in het water zwevende algen
getijvolume	hoeveelheid water die per getij een bepaalde grens passeert
gradiënt	geleidelijk verandering van een grootheid in een bepaalde richting

habitat	een gebied dat voldoet aan de karakteristieke combinatie van milieu-eisen van een groep soorten (synoniem: leefgebied)
hoogwaterkentering	tijdstip waarop vloed over gaat in eb
kolomproductie	primaire produktie uitgerekend voor een waterkolom van een gemiddelde diepte in een bepaald gebied
kombergingsproduktie	primaire produktie uitgerekend voor een gebied rekening houdend met het kombergingsvolume
kombergingsvolume	de hoeveelheid water tussen de hoog en de laagwaterlijn in een gebied
koolstofbudget	optelsom van koolstofstromen
levensgemeenschap	functioneel samenhangend geheel van planten en dieren in een bepaald gebied
meertopsstorm	een storm die bij achtereenvolgende hoogwaters een waterstandsverhoging veroorzaakt zodanig dat de schuiven van de stormvloedkering bij de achtereenvolgende hoogwaters gesloten worden
mineralisatie	afbraak van organische stof tot anorganische bestanddelen door bacteriën
nutriënten	anorganische voedingsstoffen voor planten
nutriëntenregeneratie	het beschikbaar komen van nutriënten via consumptie en mineralisatie van organisch materiaal
populatie	een groep individuen van een soort in een habitat
plaat	bij eb droogvallende, niet aan land grenzende gebied
planktonturnover	primaire produktie per eenheid fytoplankton
primaire produktie	vorming van organische stof via de fotosynthese
schorren	buitendijkse gebieden met een zoutminnende vegetatie, die regelmatig door zout water word overspoeld.
sedimenteters	bodemdieren die leven van materiaal uit de bodem
slikken	bij eb droogvallende en aan land grenzende gebieden
suspensie-eters	bodemdieren die leven van microscopisch kleine deeltjes in het water
verblijftijd	gemiddelde tijd gedurende welke een waterdeeltje in een bepaald gebied aanwezig is
voedselweb	het geheel van soorten van een levensgemeenschap met hun onderlinge voedselrelaties
zoöbenthos	op de bodemlevende dieren
zoöplankton	in het water levende microscopisch kleine dieren
zandhonger	de behoefte aan zand van een getijdegeul waarvan het getijvolume is afgenomen

# Referenties

Dit is een overzicht van enkele belangrijke publikaties over de Oosterschelde; deze zijn verkrijgbaar of in te zien bij de bibliotheek van DGW, Grenadierweg 31, 4338 PG Middelburg.

Anon. 1976. Analyse Oosterschelde alternatieven. Rijkswaterstaat, Den Haag.

Bakker, C., P.M.J. Herman & M. Vink, 1990. Changes in seasonal succession of phytoplankton induced by the storm-surge barrier in the Oosterschelde (S.W.Netherlands). *J. Plankton Res.* 12 : 5 pp 947-972.

Baptist H.J.M., F. Colijn, E.C.L. Martijn, P.L. Meininger, P.M. Meire & F. Twisk, 1988. Gevleugeld onderzoek; watervogels in veranderende watersystemen. DGW/DIHO/RU, Gent, Middelburg.

van den Berg J.R., 1986. Aspects of sediment- and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde (The Netherlands). Thesis Utrecht, RWS comm. 43/1986, The Hague.

ten Brinke W., 1991. Quantifying mud exchange between the Eastern Scheldt tidal basin and the North Sea. *Proc. Coastal Sediments, Seattle. ASCE, Washington*, pp 760-774.

Duursma E.K., H. Engel & T.J.M. Martens (red.), 1982. De Nederlandse delta. Natuur en Techniek, Maastricht.

van Eerd, M.M., 1985. Salt marsh cliff stability in the Oosterschelde. *Earth surface processes and Landforms*, 10:95 - 106.

de Jong D.J. & C. Meulstee, 1989. Wieren en weiden in de Oosterschelde; de verspreiding van zeegrassen en wieren in de Oosterschelde en de gevolgen van de afbouw van de Oosterscheldekering hierop. DGW/MD, Middelburg.

Klepper, O. 1989. A model of carbon flows in relation to macrobenthic food supply in the Oosterschelde estuary (S.W. Netherlands). Thesis, Wageningen.

Knoester, M. 1984. Introduction to the Delta case studies. *Wat. Sci. Techn.* 16 : 1 - 9.

Knoester, M., J. Visser, B.A. Bannink, C.J. Colijn, & W.P.A. Broeders, 1984. The Eastern Scheldt project. *Wat. Sci. Techn.* 16: 51-77.

Kohsiek L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters, F. Berben, 1987. De Oosterschelde, naar een nieuw onderwaterlandschap. Nota GWAO 87.029, DGW, Middelburg.

Lambeek R.H.D., A.J.J. Sandee & L. de Wolf, 1989. Long-term patterns in the wader usage of an intertidal flat in the Oosterschelde (SW Netherlands) and the impact of the closure of an adjacent estuary. *J. Appl. Ecol.* 26: 419-431.

Leemans A.F. & K. Geers, 1983. Doorbraak in het Oosterscheldebeleid. Coutinho, Muiderberg.

Leewis. R.J.(red), 1988. Onderwaterleven met houvast; rotskusten en riffen in Nederland. DGW, Den Haag.

Leewis, R.J. & H.W. Waardenburg, 1990. Flora and fauna of the sublittoral hard substrates in the Oosterschelde (NL) - interactions with the North Sea and the influence of a storm-surge barrier. *Hydrobiologia* 195: 189-200

- Meininger P.L.M., A. Blomert & E.C.L. Marteiijn, 1991. Watervogelsterfte in het Deltagebied, ZW-Nederland, gedurende de drie koude winters van 1985, 1986 en 1987. *Limosa* 64:89-102
- Meire, P.M. & E. Kuijken, 1987. A description of the habitat and wader populations of the Slikken van Vianen (Oosterschelde, The Netherlands) before major environmental changes and some predictions on expected changes. *Le Gerfaut* 77 : 283 - 311.
- Meire, P.M., J.J. Seys, T. Ysebaert & J. Coosen, 1991. Comparing macrobenthic distribution and community structure between two estuaries in the SW Netherlands. In: M. Elliot & J.P. Ducrotoy (eds): *Estuaries and coasts: Spatial and temporal intercomparisons*, pp. 365 - 373. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.
- Meire, P.M., J. Seys, T. Ysebaert, P.L. Meininger & H.J.M. Baptist, 1989. A changing Delta: Effects of large coastal engineering works on feeding ecological relationships as illustrated by waterbirds. In: J.C. Hooghart & C.W.S. Posthumus (eds), *Hydro-ecological relations in the Delta waters of the South-west Netherlands: technical meeting 46*, Rotterdam, The Netherlands. TNO committee on hydrological research, The Hague.
- Nienhuis P.H. & A.C. Smaal (eds.). *The Oosterschelde estuary: case study of a changing ecosystem*. Junk, Dordrecht (in voorbereiding).
- Oenema O., 1988. Early diagenesis in recent fine-grained sediments in the Eastern Scheldt. Thesis Wageningen.
- Phillipart M., 1990. *Bodemligging Oosterschelde: de invloed van de werken*. RUU, Inst. voor Ruimtelijk Onderzoek, Utrecht.
- Prins T.C. & A.C. Smaal, 1990. Benthic pelagic coupling: the release of inorganic nutrients by an intertidal bed of *Mytilus edulis*. In: M. Barnes & R.N. Gibson (eds): *trophic relationships in the marine environment*. Aberdeen university press. pp 89-103.
- Robaczewska K.B., 1991. Het zoutgehalte in de Oosterschelde: veranderingen als gevolg van de Oosterscheldewerken. *Nota GWAO 91.133 DGW/dir.Zeeland*, Den Haag.
- Saeyns H.L.F., 1982. Changing estuaries; a review and strategy for management and design in coastal engineering. *RWS communications* 32.
- Scholten, H., O. Klepper, P.H. Nienhuis & M. Knoester, 1990. Oosterschelde estuary (S.W. Netherlands): a self sustaining ecosystem? *Hydrobiologia* 195:201-215.
- Scholten H. (red.), 1988. *Voedsel in de Oosterschelde; beschrijving van de ecologie van een estuarium en prognoses voor de situatie na de bouw van de stormvloedkering*. DGW/DIHO, Middelburg.
- Smaal A.C. (red.), 1988. *De kering en de kweek; het functioneren van de mosselkweekpercelen in de Oosterschelde*. *Nota GWAO 88.1011*, DGW/RIVO, Middelburg.
- Smaal, A.C., J.H.G. Verhagen, H.A. Haas, & J. Coosen, 1986. Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde (the Netherlands). *Ophelia* 26: 385-399.
- Smaal, A.C. & M.R. Van Stralen, 1989. Average annual growth and condition of mussels as a function of food supply. *Hydrobiologia* 195:179-188.
- Smaal, A.C., M. Knoester, P.H. Nienhuis & P.M. Meire, 1991. Changes in the Oosterschelde ecosystem induced by the Delta works. In: M. Elliot & J.P. Ducrotoy (eds): *Estuaries and coasts: Spatial and temporal intercomparisons*, pp. 365 - 373. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.
- Smaal A.C. & P.H. Nienhuis. *The Oosterschelde (The Netherlands), from an estuary to a tidal bay: responses at the ecosystem level*. *Neth. J. Sea Res.* (in voorbereiding).

- Stuurgroep Oosterschelde, 1982. Beleidsplan voor de Oosterschelde. SGO, Middelburg.
- Tackx, M.L.M., C. Bakker, & P. Van Rijswijk, 1990. Zooplankton grazing pressure in the Oosterschelde. *Neth. J. Sea Res.* 25 (3): 405-415
- Themagroep Uitgangssituatie, 1986. Te verwachten ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken na 1987. Nota GWAO 86.106, DGW, Middelburg
- Tweede Kamer, 1989. Derde Nota waterhuishouding; Water voor nu en later. SDU, Den Haag.
- Vranken, M., O. Oenema & J. Mulder, 1989. Influences of tidal range alterations in salt marshes in the Eastern Scheldt. *Hydrobiologia*, 195:13-10
- Vroon J. & P. Lievense, 1991. Het getij op de Oosterschelde: veranderingen als gevolg van de Oosterscheldewerken. GWWWS 91.13111/AX 91.097. DGW/dir. Zeeland, Middelburg.
- Wetsteijn, L.P.M.J., J.C.H. Peeters, R.N.M. Duin, F. Vegter & P.R.M. De Visscher, 1989. Phytoplankton primary production and nutrients in the Oosterschelde (The Netherlands) during the pre-barrier period 1980-1984. *Hydrobiologia* 195: 163-177.
- Wetsteijn, L.P.M.J. & C. Bakker. Changes of abiotic characteristics and consequences for the phytoplankton development during and after a large scale coastal engineering project in the Oosterschelde (The Netherlands): a preliminary evaluation. In: M. Elliot & J.P. Ducrottoy (eds): *Estuaries and coasts: Spatial and temporal intercomparisons*, pp. 365 - 373. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.
- Wolff W.J. 1973. The estuary as a habitat. Thesis, Leiden.
- Wolff, W.J. & J. Post, 1979. Oosterschelde, leven in en om het water. Sijthoff, Alphen aan de Rijn.



#### COLOFON

Deze nota is samengesteld door een redactiegroep, bestaande uit ing. R.C. Boeije, drs. J. van Buuren, drs. J. Coosen, drs. W. Iedema(1), drs. P.M. Meire (2), dr. J.P.M. Mulder, drs. A.C. Smaal, drs. M.R. van Stralen (3), drs. M. van der Tol, ir. J. Vroon (1) en drs. L.P.M.J. Wetsteijn (allen DGW, behalve 1: RWS dir. Zeeland, 2: DIHO/IVN en 3: RIVO).

Aan de nota is voorts bijgedragen door o.a. drs. C. Bakker (DIHO), G. Bitter (DGW), drs. W.B.M. ten Brinke (RUU), ing. J. Buys (DIHO), ing. A. Holland (DGW), drs. D.J. de Jong (DGW), drs. Z. de Jong (RUU), dr. R.J. Leewis (DGW) P.L.M. Meininger (DGW), ing. A. Phernambucq (DGW), drs. T.C. Prins (DIHO) en drs. H. Schekkerman (DIHO). De figuren zijn verzorgd door ing. J. Consemulder, J.F.W. den Brabander (DGW), J. van de Broeke en G. Vlasblom (DIHO). De eindredactie is drs. D.J. de Jong erkentelijk voor het kritisch becommentariëren van het manuscript.

De eindredactie was in handen van drs. A.C. Smaal en ing. R.C. Boeije (DGW).

citatie: Smaal A.C. en R.C. Boeije, 1991. Veilig getij, de effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. nota GWWS 91.088 DGW/directie Zeeland, Middelburg.

Ontwerp omslag: Leo Smalheer, Pitman b.v.  
Grafisch verzorging en drukwerk: Pitman b.v.  
Lay-out: Bram de Buck, Rijkswaterstaat Directie Zeeland



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**

Directie Zeeland